ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement permanent des liquides.* Note (¹) de M. L. Lecornu.

Dans le mouvement permanent d'un liquide, les trajectoires moléculaires sont des courbes fixes dont la disposition dépend des forces extérieures. Si les forces sont quelconques, on ne peut évidemment rien dire *a priori* sur cette disposition; mais il en est autrement dans le cas, particulièrement intéressant, où elles dérivent d'un potentiel. Nous allons voir en effet que les trajectoires vérifient alors une condition spéciale, en sorte qu'un ensemble quelconque de courbes ne saurait en général être regardé comme constituant un système possible de trajectoires pour le mouvement permanent d'un liquide, sous l'action de forces dérivant d'un potentiel.

Soient u', v', w' les composantes de l'accélération totale au point M ayant pour coordonnées x, y, z. Soient U le potentiel des forces extérieures et P le quotient de la pression par la densité. On sait que l'expression

$$u'\,dx + v'\,dy + w'\,dz$$

est la différentielle de $-(\mathrm{P}+\mathrm{U})$. Si R désigne le rayon de courbure de la trajectoire et V la vitesse, l'accélération totale a pour composantes $\frac{\mathrm{V}^2}{\mathrm{R}}$ suivant la normale principale et $\frac{d\mathrm{V}}{dt}$ suivant la tangente. En appelant ds le chemin parcouru dans le temps dt, on peut écrire : $\frac{d\mathrm{V}}{dt} = \mathrm{V}\frac{d\mathrm{V}}{ds}$. D'autre

---

(¹) Séance du 2 novembre 1920.

part, pour un filet fluide comprenant M et ayant une section transversale σ, le produit $V\sigma$ est constant sur la trajectoire, d'où $\frac{dV}{V} = -\frac{d\sigma}{\sigma}$ ou bien $dV = -V\theta\, ds$, avec la notation $\theta = \frac{1}{\sigma}\frac{d\sigma}{ds}$. Il vient ainsi $\frac{dV}{dt} = -V^2\theta$. La quantité θ a une signification purement géométrique : elle représente, suivant l'expression consacrée, la *divergence* de l'ensemble de vecteurs obtenu en réduisant toutes les vitesses à l'unité.

D'après cela, la direction de l'accélération totale se confond avec celle de la résultante du vecteur $\frac{1}{R}$ porté par la normale principale et du vecteur $-\theta$ porté par la tangente. C'est une direction dépendant uniquement de la disposition des trajectoires.

Soient a, b, c les cosinus directeurs de la tangente et a_1, b_1, c_1 ceux de la normale principale. Posons

$$(1) \qquad A = \frac{a_1}{R} - a\theta, \qquad B = \frac{b_1}{R} - b\theta, \qquad C = \frac{c_1}{R} - c\theta.$$

Nous sommes conduit à la relation

$$(2) \qquad V^2(A\,dx + B\,dy + C\,dz) = -d(P + U)$$

d'après laquelle $A\,dx + B\,dy + C\,dz$ admet le facteur d'intégrabilité V^2, ce qui exige qu'on ait

$$(3) \qquad A\left(\frac{\partial B}{\partial z} - \frac{\partial C}{\partial y}\right) + B\left(\frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial A}{\partial z}\right) + C\left(\frac{\partial A}{\partial y} - \frac{\partial B}{\partial x}\right) = 0.$$

Telle est la condition annoncée.

Le calcul suivant aboutit, par la voie analytique, au même résultat. Dans un mouvement permanent, on a

$$u' = u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}.$$

Remplaçons u, v, w par aV, bV, cV. Il vient :

$$u' = V^2\left(a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z}\right) + Va\left(a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} + c\frac{\partial V}{\partial z}\right).$$

L'équation de continuité donne d'autre part :

$$V\left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z}\right) + a\frac{\partial V}{\partial x} + b\frac{\partial V}{\partial y} + c\frac{\partial V}{\partial z} = 0.$$

Or $\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z}$ ne diffère pas de θ. Donc :

$$u' = V^2\left(a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z} - a\theta\right).$$

Le trinome $a\frac{\partial a}{\partial x} + b\frac{\partial a}{\partial y} + c\frac{\partial a}{\partial z}$ est égal à la dérivée $\frac{da}{ds}$ prise suivant la tangente, c'est-à-dire, d'après l'une des formules de Frenet, à $\frac{a_1}{R}$. On retrouve ainsi la valeur $u' = V^2\left(\frac{a_1}{R} - \theta\right)$.

Revenons un instant sur la signification de θ. On vérifie sans peine que cette quantité mesure la somme des courbures de deux lignes issues du point M, normalement aux trajectoires, dans deux plans rectangulaires se coupant suivant la tangente à la trajectoire de M. On sait que cette somme demeure la même, quels que soient les deux plans ainsi menés. Lorsque les trajectoires sont normales à une série de surfaces, θ est le double de la courbure moyenne de la surface passant en M. Si l'on convient de dire, dans tous les cas, que θ est le double de la courbure de la section droite du filet, on obtient le théorème suivant :

Portons sur la tangente un vecteur qui mesure le double de la courbure moyenne de la section du filet, et, sur la normale principale, un vecteur qui mesure la courbure de la trajectoire, puis prenons la résultante de ces deux vecteurs. L'ensemble des directions de ces résultantes est normal à une famille de surfaces.

Je désignerai ces surfaces par S. Il est clair que la surface S passant en M est tangente en ce point à la binormale, en sorte que chaque courbe enveloppe de binormales appartient à une surface S.

Deux cas particuliers méritent d'être signalés :

1° Quand les trajectoires sont rectilignes $\left(\frac{1}{R} = 0\right)$, elles coupent orthogonalement les surfaces S.

2° Quand la courbure des sections est nulle ($\theta = 0$), ou, ce qui revient au même, quand la vitesse est constante sur chaque trajectoire, ce sont les normales principales qui coupent orthogonalement lesdites surfaces.

Sur chaque surface S, l'expression $P + U$ est constante et la pression vérifie en conséquence la loi hydrostatique. D'autre part, si l'on appelle E la quantité $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$, égale à $\sqrt{\theta^2 + \frac{1}{R^2}}$, l'équation (2), appliquée à un déplacement dn normal à S donne

$$(4) \qquad V^2 E\, dn = -d(P + U).$$

On voit ainsi que V^2 varie, sur S, en raison inverse du produit $\frac{1}{E}\frac{d(P+U)}{dn}$, ou, plus simplement, en raison inverse de $E\,dn$.

D'après cela, la connaissance de la vitesse et de la pression en un point M, arbitrairement choisi, du liquide détermine entièrement, de la manière suivante, le mouvement de l'ensemble. D'abord on connaît, par la loi hydrostatique, la pression en tous points de la surface S passant par M; ensuite la valeur de V en ce point suffit pour y calculer $\frac{dP}{dn}$, d'où l'on déduit la valeur de cette dérivée, et par conséquent celle de V, dans toute l'étendue de S. Ceci fait, la condition de continuité fournit V dans le reste de la masse. Enfin, ayant partout V, et par conséquent $\frac{dP}{dn}$, une quadrature permet de calculer P, en un point quelconque N de la masse, en fonction de la valeur prise par P au point de la surface initiale S situé sur la même trajectoire que N.

Il n'y aurait d'exception que si S était un lieu de trajectoires, circonstance qui, d'après (1), se produit quand θ est nul. C'est le deuxième des cas particuliers mentionnés ci-dessus; je le laisse ici de côté.

Quand on donne la vitesse en un point sans donner la pression, les vitesses se trouvent partout déterminées; mais les pressions ne sont alors connues qu'à une constante près. En multipliant toutes les vitesses par un même facteur arbitraire, on obtient la solution la plus générale.

Voici maintenant quelques remarques concernant les tourbillons.

Soient p, q, r les composantes du tourbillon. On a, par définition :

$$2p = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = V\left(\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial z}\right) + c\frac{\partial V}{\partial y} - b\frac{\partial V}{\partial z},$$

et deux équations analogues pour q et r. En posant $2\Delta = \Sigma a\left(\frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial b}{\partial z}\right)$, on tire de là

$$pa + qb + rc = V\Delta.$$

Le premier membre est la moitié de la projection du tourbillon sur la tangente à la trajectoire. La quantité Δ a déjà été envisagée dans ma Note du 12 mai 1919 concernant les tourbillons d'une veine fluide.

Une condition nécessaire pour l'absence de tourbillons est que Δ soit nul; mais cette condition n'est pas suffisante. On sait, en effet, que s'il n'y a pas de tourbillons, la somme $H = \frac{1}{2}V^2 + P + U$ a même valeur dans toute la masse; cela exige que les surfaces S soient des surfaces d'égale vitesse et que, par suite, le produit $E\,dn$ soit constant sur chacune d'elles. Supposons

cette nouvelle condition remplie, et continuons à écarter le cas où les surfaces S seraient des lieux de trajectoires. Alors H est partout le même, car, dans un mouvement permanent, cette quantité est toujours constante sur chaque trajectoire, et comme elle est déjà constante sur chaque surface S, elle ne peut aucunement varier. La constance de H entraîne, d'après un théorème connu, la coïncidence des lignes de tourbillon avec les trajectoires, et, par conséquent, Δ ne peut-être nul sans que les tourbillons le soient. En résumé, les deux conditions nécessaires et suffisantes pour l'absence de tourbillon sont :

1° Que Δ soit nul;

2° Que, sur chaque surface S, E varie en raison inverse de la distance à une surface appartenant à la même famille, et infiniment voisine de la première.

Toutes ces considérations s'étendent, approximativement, au cas d'un mouvement varié dont les trajectoires ne changent pas, quand on suppose les variations de vitesse assez lentes pour que la dérivée partielle $\frac{\partial V}{\partial t}$ soit négligeable vis-à-vis de $V\frac{\partial V}{\partial x}$, $V\frac{\partial V}{\partial y}$, $V\frac{\partial V}{\partial z}$. On se trouve alors, à chaque instant, en présence d'un mouvement quasi permanent. A deux instants suffisamment éloignés l'un de l'autre correspondent deux régimes notablement différents; il suffit de connaître la variation de la vitesse et celle de la pression en un point fixe, arbitrairement choisi, pour être à même de calculer, dans toute la masse, les variations correspondantes.

GÉOLOGIE. — *Le bord occidental du pays des Schistes Lustrés, dans les Alpes franco-italiennes, entre la Haute-Maurienne et le Haut-Queyras.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian**.

On sait que les Schistes Lustrés sont une *série cristallophyllienne* de grande puissance, formée surtout de calcschistes micacés et de marbres phylliteux, contenant aussi des intercalations de micaschistes et de chloritoschistes et des lentilles de serpentine et de roches vertes diverses (*pietre verdi*), qui joue un rôle très important dans la constitution des Alpes franco-italiennes. Le pays où ils affleurent, le *pays des Schistes Lustrés*, offre un aspect spécial : montagnes arrondies, croupes molles, vallées larges, vastes pâturages dominés par des éboulis et des rocs de couleur sombre, torrents aux eaux noires. Ce pays débonnaire et monotone s'étend à l'est

du *pays briançonnais*, lequel est tout autre : montagnes aux formes variées, souvent très élancées et très abruptes, terminées, en haut, par des escarpements de calcaires ou de quartzites aux éboulis gris ou blancs, et tachées, çà et là, de blanc ou de jaune par des gypses et des cargneules. Les différences géologiques essentielles, entre les deux pays, sont, d'une part la diversité et la multiplicité des faciès briançonnais contrastant avec l'uniformité du faciès cristallophyllien, et d'autre part le métamorphisme. Dans le Briançonnais proprement dit et dans le Queyras, les assises briançonnaises ne sont pas métamorphiques, au sens exact du mot; et l'apparente cristallinité de certaines d'entre elles est un simple effet du laminage. Là où les roches du pays briançonnais deviennent réellement métamorphiques, dans la Vanoise et la Haute-Tarentaise, le métamorphisme y est inégal d'un étage à l'autre et souvent incomplet. Au contraire, dans le pays des Schistes Lustrés, le métamorphisme est complet et profond, sauf exceptions très rares. La différence est telle que l'on n'a jamais hésité sur l'exacte position de la frontière commune aux deux pays. Cette frontière se trace sans aucune difficulté, malgré qu'il y ait, sur le pays briançonnais, quelques rares témoins isolés semblant provenir du pays des Schistes Lustrés, et qu'il y ait, par contre, dans ce dernier pays, d'assez nombreuses apparitions du pays briançonnais en anticlinaux ou en dômes. Car on ne peut pas douter que, dans l'ensemble, le pays briançonnais ne s'enfonce, à l'Est, sous le pays des Schistes Lustrés, encore que la surface de contact soit parfois, sur de longs parcours, redressée, et même renversée.

Nous avons pris comme sujet d'étude, pendant le dernier été, ce bord occidental des Schistes Lustrés, entre le col de la Leisse, où confinent Tarentaise et Maurienne, et les montagnes, situées au sud-est de Briançon, d'où descendent, vers le Sud, des torrents tributaires du Guil. Et nous nous sommes proposé de résoudre la question suivante : ce bord est-il un contact normal, ou un contact anormal? C'est-à-dire : y a-t-il continuité de sédimentation entre la série briançonnaise et la série cristallophyllienne, ou bien cette dernière est-elle posée par voie de charriage sur la série briançonnaise? C'est une vieille question. Tant que l'on a cru que les Schistes Lustrés étaient d'âge primaire, il fallait bien la résoudre dans le sens du charriage, puisque l'on voit, en maint endroit, ces schistes surmonter les terrains briançonnais. Mais quand Marcel Bertrand nous eut, à partir de 1894, accoutumés à considérer les Schistes Lustrés comme étant d'âge secondaire, beaucoup d'entre nous crurent qu'il y avait continuité, et que les Schistes Lustrés représentaient la continuation en hauteur de la série

sédimentaire briançonnaise, *sans remarquer l'énorme invraisemblance d'une série profondément métamorphique qui succéderait naturellement à une série à peine métamorphique et souvent fossilifère.*

Du col de la Leisse au Haut-Queyras le bord en question court du Nord au Sud, avec des sinuosités nombreuses, sur une longueur totale d'environ 100^{km}. Très exactement marqué sur la carte géologique (feuilles *Bonneval, Saint-Jean-de-Maurienne, Briançon, Aiguilles*), il passe un peu à l'est d'Entre-deux-Eaux et de la Pointe de Lanserlia, franchit l'Arc à Termignon ; tourne autour du massif d'Ambin, par Mont-Froid, le plateau du Mont-Cenis et le col d'Etache; revient à l'Arc vers Bramans et le suit jusqu'auprès de Modane; monte au col de la Roue, descend jusque vers Mellezel, non loin de Bardonnèche, puis dessine vers le Sud une avancée dans le col de la Chaux-d'Acles; contourne ensuite, par le Nord et l'Est, le grand massif calcaire du Chaberton; s'avance, vers l'Ouest, jusqu'aux prairies du Gondran, et, dans la vallée de la Cerveyrette, jusqu'aux Aïttes-Hautes; puis court, à mi-hauteur, à l'est des escarpements calcaires de la Charvie, de la Suffie, de Rochebrune; enfin, contournant par le Sud cette dernière montagne, s'avance un peu à l'ouest d'Arvieux et de Villargaudin pour reculer ensuite vers l'Est, dans le Haut-Guil. Voici, sur quelques éléments de ce parcours, les observations que nous avons faites : rapprochées des constatations anciennes, elles éclairent vivement la question.

Vallon de la Leisse, Plan de Nette, Lanserlia. — Du col de la Leisse à la Pointe de Lanserlia, le contact des Schistes Lustrés et du pays briançonnais est une surface peu inclinée plongeant à l'Est. Les Schistes Lustrés surmontent, en parfaite concordance, la série briançonnaise. La coupe de celle-ci est la suivante, de haut en bas : A, immédiatement sous les Schistes Lustrés, des cargneules et parfois des gypses, *les cargneules souvent mylonitiques et contenant alors des débris de Schistes Lustrés*, ou encore les cargneules passant à des calcaires blancs d'aspect triasique; B, un complexe, d'épaisseur très variable, de marbres phylliteux, plus ou moins riches en phyllites, et de calcaires à zones siliceuses; C, des marbres versicolores, blancs, bleuâtres, violets ou rose pâle, contenant, au Plan-de-Nette, quelques rares Ammonites et Bélemnites, et d'autres restes organiques (cette lame C, épaisse, au Plan-de-Nette, d'une vingtaine de mètres, semble manquer partout ailleurs); D, un étage de couleur jaune clair, calcaires et brèches, celles-ci du type *brèche du Télégraphe* et contenant, au Plan-de-Nette, des Bélemnites; E, de nouveau, des marbres phylliteux; F, enfin, le Permien métamorphique de la Vanoise, sans qu'il y ait, entre E et F, l'intercalation,

habituelle en Vanoise, des quartzites du Trias. A est du Trias certain; B, du Trias très probable; C, qui est certainement jurassique, est du Malm briançonnais presque sûr; D est du Lias incontestable; E, du Trias certain. Les épaisseurs sont constamment et rapidement variables. Les marbres phylliteux B ont 20^m à l'est du Plan-de-Nette, tandis que leur prolongement vers le Sud et vers l'Ouest s'accompagne d'un épaississement formidable : ils ont 150^m au moins de puissance au Rocher-du-Col, 1000^m dans les escarpements de la Grande-Motte, et ce sont eux encore, associés à des calcaires à zones siliceuses, qui forment, sur 1400^m de hauteur, les escarpements orientaux de la Grande-Casse; ils diminuent, de nouveau, au sud du vallon de la Rocheure et se mélangent de marbres variés et de calcaires à zones siliceuses, tout cela ayant l'aspect du Trias de la Vanoise. L'étage liasique D, qui a au moins 50^m dans le Rocher-du-Col et dans le vallon de la Rocheure, disparaît à l'est et au sud de Lanserlia. L'allure lenticulaire, caractéristique des *pays de nappes*, s'observe ici partout. Il ne saurait être question de continuité dans une telle série. Le Jurassique du Plan-de-Nette affleure dans une *fenêtre* de Trias; l'ensemble est un empilement d'écailles ou de nappes, et les mylonites montrent que le contact des Schistes Lustrés et des cargneules est un des plus anormaux parmi tous les contacts observés dans l'empilement. Ainsi se résout le problème local du Plan-de-Nette, soulevé en 1913 par Jean Boussac; et la solution de ce problème est indépendante de l'âge réel, encore inconnu (Malm ou Lias), des marbres C.

Chavières, Termignon. — Au-dessus des pâturages de Chavières, la surface de contact que nous suivons se redresse peu à peu jusqu'à la verticale. C'est toujours le Trias qui touche aux Schistes Lustrés; et il semble d'ailleurs qu'il n'y ait ici, entre les Schistes Lustrés et le Permien cristallin de la Vanoise, que du Trias, réunion des lames A, B, E de la coupe précédente. Le Lias a disparu. Le Trias offre des marbres phylliteux, tout contre le Permien; des calcaires, souvent *cargneulisants*, dans l'axe de la bande; des cargneules, enfin, au contact des Schistes Lustrés. Un peu avant Termignon, ce dernier contact se renverse, jusqu'à plonger de 45° vers le Sud-Ouest; de l'autre côté de la vallée, à l'orée de la forêt d'Arc, il est de nouveau vertical, et, près de ce contact, *les cargneules sont mylonitiques, avec nombreux débris de Schistes Lustrés*. Rappelons que, plus au Sud, au col d'Etache, *dans le même contact* des Schistes Lustrés et du pays briançonnais, Marcel Bertrand a jadis observé des lentilles de quartzites, c'est-à-dire du Trias inférieur, écrasé et laminé. A l'est de Termignon, et à mi-chemin de Lans-le-Bourg, c'est

encore le Trias qui apparaît, en coupole, sous les Schistes Lustrés : sur la rive gauche de l'Arc, ce Trias est formé de gypse; sur la rive droite, d'un marbre gris bleu très cristallin; le sommet de la voûte triasique, très surbaissée, surmontée par les Schistes Lustrés presque horizontaux, montre *une mylonite de marbres blancs*.

Col de la Chaux-d'Acles. — Les Schistes Lustrés affleurent largement, un peu à l'est du col de la Chaux-d'Acles, sous les baraquements du camp militaire. On voit monter, *de dessous ces schistes*, un dôme de calcaires triasiques qui plonge périclinalement sous la série cristallophyllienne, avec intercalation locale, près de l'observatoire militaire, d'une mince pellicule de Malm laminé. Le col lui-même, où passe l'ancien chemin muletier qui va des Acles à Mellezel, est ouvert dans les schistes et les grès du Nummulitique briançonnais (Flysch), nullement métamorphiques. A l'Ouest, ce Flysch s'appuie aux calcaires triasiques verticaux de l'Aiguille-du-Midi; il descend un peu dans le versant sud du col, de même que les Schistes Lustrés; et il semble bien que, dans les prairies, au sud du dôme calcaire dont nous avons parlé, Flysch et Schistes Lustrés viennent se toucher. En somme, la dépression profonde et large, où s'ouvre le col et où l'on a installé le camp militaire, correspond à un synclinal des assises briançonnaises, synclinal dirigé du Nord au Sud, sur le bord occidental duquel un lambeau de Flysch est conservé et qui contient des Schistes Lustrés dans son axe et sur son bord est. Le synclinal se prolonge, au Sud, dans le vallon de Blétonnet et jusqu'au delà du col de Laupon; et nous avons décrit, dans une Note précédente [1], le grand lambeau isolé de Schistes Lustrés qu'il contient près de ce dernier col. Les Schistes Lustrés, aux environs des Acles, reposent, en somme, sur des assises briançonnaises très diverses : Flysch, Malm, calcaires du Trias, gypses et cargneules du Trias. Et, dans leur substratum briançonnais, l'allure lenticulaire est la règle.

Passo della Mulatiera. — Au nord du col de la Chaux d'Acles, la surface de contact que nous suivons est sensiblement verticale jusque près de Mellezel; puis elle se renverse et l'on voit les Schistes Lustrés plonger sous le pays briançonnais. Rappelons que, dans cette région, MM. Kilian et Pussenot ont trouvé, près de ce contact, des assises à fossiles rhétiens. De même, au nord-est du col de la Chaux-d'Acles, la surface de contact se renverse : les Schistes Lustrés plongent, d'abord au Sud, puis au Sud-Ouest, puis à l'Ouest, en concordance apparente et avec un angle moyen d'envi-

---

(1) Pierre Termier et Wilfrid Kilian, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 770.

ron 70°, sous un vaste pays calcaire qui comprend les montagnes de Charra, des Grands-Becs, des Charniers et du Chaberton. Ce pays calcaire est complexe. M. Pussenot y a trouvé récemment plusieurs gisements de fossiles hettangiens et bathoniens; le Rhétien y a été signalé en 1910 par M. Franchi; mais le Trias y domine. Au Passo della Mulatiera, les Schistes Lustrés débutent par des marbres phylliteux dont la cristallinité est moindre que d'habitude, c'est-à-dire où les phyllites sont plus finement cristallisées qu'elles ne le sont habituellement; d'autre part, les assises briançonnaises les plus voisines du contact sont des calcaires laminés, réduits, par le laminage, en plaquettes à surfaces luisantes. D'où une similitude *apparente* qui a conduit à des confusions. En réalité, les assises où l'on a trouvé des fossiles, rhétiens ici, hettangiens ailleurs, bathoniens en d'autres endroits, sont toutes en dehors du pays des Schistes Lustrés et appartiennent toutes au pays briançonnais. Au contact, les assises ne sont pas partout les mêmes; sur certains points, les plaquettes roses du Malm s'intercalent entre le Bathonien, l'Hettangien ou le Rhétien, et la série cristallophyllienne.

De Césanne à la Cerveyrette, par le Gondran. — Au sud-ouest de Césanne, le bord en question dessine un golfe profond vers l'Ouest, et le pays des Schistes Lustrés, représenté ici par le massif de roches vertes du Chenaillet, s'avance, quasi-horizontalement, sur le pays briançonnais représenté par les calcaires triasiques de Clavières et de Mont-Genèvre, le Bathonien du Janus, le Flysch du Gondran, le Trias des Aïttes. Nous avons, dans une Note précédente [1], exposé sommairement les conditions, évidemment anormales, du contact : *fenêtre*, dans le vallon de Gimont, montrant le Trias sous les roches vertes; *zone de mélange mylonitique*, au même niveau que cette fenêtre, au sud-ouest du col de Bousson; présence, au Gondran, entre Flysch et roches vertes, d'une écaille de *terrains singuliers*.

Haute-Cerveyrette. — Au sud des Aïttes et du Bourget, le contact des deux pays se redresse de nouveau, et, comme au Chaberton, se renverse. Sous les calcaires de la Charvie et de la Suffie, les Schistes Lustrés plongent, avec un angle moyen de 60° environ. A la base des calcaires, il y a du Lias et du Rhétien fossilifère à l'état de brèches sédimentaires jaunes (*brèche du Télégraphe*) : ce sont ces brèches qui viennent au contact des Schistes Lustrés, mais leur épaisseur est extrêmement variable, de plus de 100^m à zéro. Dans les Schistes Lustrés, il y a des bancs de micaschistes,

---

(1) *Loc. cit.*, p. 768.

des lentilles de brèches volcaniques du type Chenaillet, d'autres de serpentine. Quelques mylonites, çà et là, dans le contact. Celui-ci redevient vertical au pied de Rochebrune, pour reprendre, plus au Sud, la même allure, quasi-horizontale, qu'au Gondran.

Ainsi, sur ce parcours de 100^{km}, nulle part, semble-t-il, le contact des deux pays n'a les caractères d'un contact vraiment normal. Les Schistes Lustrés reposent, *comme indifféremment*, sur des étages très variés de la série briançonnaise; dans celle-ci, l'allure est lenticulaire; souvent, dans le contact, il y a des mylonites, et même des mélanges de roches des deux pays. La continuité stratigraphique devient de plus en plus improbable, et la conception d'une *nappe de Schistes Lustrés* surmontant une *nappe briançonnaise* paraît s'imposer de plus en plus.

OPTIQUE. — *Représentation photographique d'un solide dans l'espace. Photo-stéréo-synthèse*. Note de M. **Louis Lumière.**

Si l'on prend, à une échelle fixe, des négatifs photographiques d'une série de plans parallèles, équidistants ou non, d'un objet, en réalisant cette condition que chaque image ne représente que l'intersection de l'objet par le plan correspondant, on pourra, en superposant les positifs tirés des négatifs obtenus, reconstituer dans l'espace l'apparence de l'objet photographié. Il suffira pour cela que les distances des images positives soient égales à celle des plans photographiés affectées d'un coefficient correspondant à l'échelle adoptée.

Il faudrait, pour obtenir une reconstitution théoriquement parfaite, superposer un nombre infini d'images infiniment rapprochées, mais l'expérience m'a montré que cette condition, évidemment irréalisable, n'est pas nécessaire pour donner à l'œil l'impression de la continuité et qu'un petit nombre d'éléments suffit si, dans une certaine limite, chaque image correspond, non pas à un plan, ce qu'il est d'ailleurs impossible d'obtenir, mais à un volume focal déterminé. Ce volume focal doit toutefois être assez faible si l'on veut éviter les effets de parallaxe lors de la vision.

Si l'on tente cette réalisation à l'aide d'un objectif possédant la plus grande ouverture relative actuellement possible, on constate que la profondeur du champ est encore beaucoup trop grande.

Pour obtenir la réduction nécessaire du volume focal, j'ai imaginé deux méthodes basées sur les considérations suivantes :

1° Soit (*fig.* 1) un objectif O à champ plan donnant du point P, situé sur l'axe principal, une image P′. Si l'on déplace l'objectif d'une quantité h, de

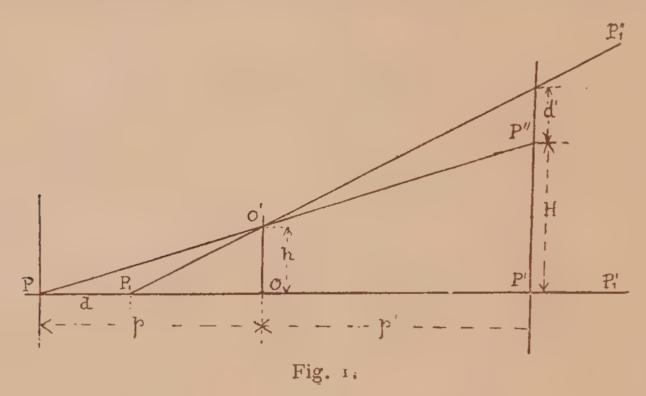


Fig. 1.

telle façon que son axe reste parallèle à lui-même et que ses plans principaux soient maintenus immobiles dans l'espace, l'image P′ viendra en P″ situé dans le plan-image conjugué du plan-objet contenant le point P.

Si, en même temps, on a fait glisser, dans la même direction et sans rotation sur lui-même, le plan-image, d'une quantité H telle que l'on ait $\frac{h}{H} = \frac{p}{p+p'}$, la position de l'image du point P n'aura pas changé par rapport aux limites de ce plan. On démontre facilement qu'il en sera de même de tout autre point situé dans le plan-objet conjugué du plan-image.

Il n'en sera pas ainsi des points tels que P_1 situés en deçà ou au delà du plan-objet. A chaque distance d de ce plan correspondra un déplacement d' de la trace de l'axe secondaire correspondant sur le plan-image et la valeur de d' sera donnée par la relation

$$d' = \frac{hp'}{p-d} - (H - h).$$

L'image du point P_1 laissera donc sur la surface sensible une trace de longueur d'.

Il est facile de voir qu'il y a intérêt à faire le rapport $\frac{p}{p'}$ aussi petit que possible, à donner au contraire à h une valeur élevée et à choisir f très petit. Mais les conditions de réalisation pratique limitent le choix de ces éléments. C'est ainsi que l'on ne peut, sous peine d'être conduit à employer des surfaces sensibles de dimensions démesurées, adopter pour $\frac{p}{p}$ une valeur inférieure à l'unité (images en vraie grandeur), non plus que choisir f inférieur à 20cm environ.

2° Soit (*fig.* 2) un objectif O muni d'un prisme inverseur et donnant du point P l'image P', p et p' étant obligatoirement égaux, compte tenu de l'élongation résultant de l'interposition du prisme.

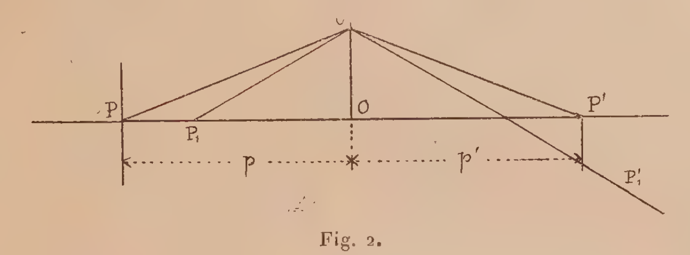


Fig. 2.

Si l'on fait subir à cet objectif un déplacement d'amplitude quelconque en prenant la précaution de provoquer ce déplacement dans le plan de la section principale du prisme et ce plan, ainsi que les plans principaux de l'objectif, restant invariables dans l'espace, la position P' de l'image du point P n'aura pas changé. Par contre, l'image de tout point situé en deçà ou au delà du plan-objet subira des déplacements satisfaisant à la relation énoncée plus haut. Il suffira donc, pour réduire le volume focal, de munir l'objectif de deux prismes inverseurs dont les sections principales soient

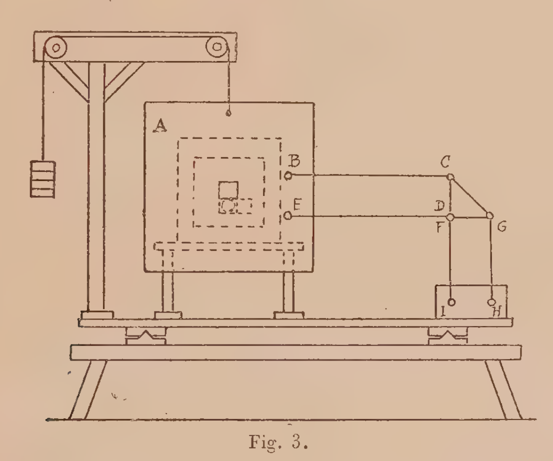


Fig. 3.

à 90° l'une de l'autre et de déplacer l'axe de l'objectif parallèlement à lui-même en prenant la précaution de maintenir également parallèles à elles-mêmes les sections principales pendant le déplacement [1].

---

[1] Il résulte de cette disposition qu'il devient possible de photographier une surface d'étendue quelconque à l'aide d'un objectif de foyer quelconque, très petit par exemple, par rapport aux dimensions de la surface photographiée.

Pour appliquer ces considérations, j'ai construit tout d'abord l'appareil suivant dérivant des conditions exposées en 2° et qui me paraissaient susceptibles de l'exécution la plus simple.

Une planchette A (*fig.* 3) pouvant glisser dans son plan sur l'avant d'une chambre noire photographique, est assujettie à se mouvoir de telle façon que ses côtés restent constamment parallèles à eux-mêmes grâce au double parallélogramme articulé BCDE, FGHI. Elle porte en son centre un objectif muni de deux prismes de Porro disposés de part et d'autre comme le montre la figure 4, la section principale du prisme avant étant

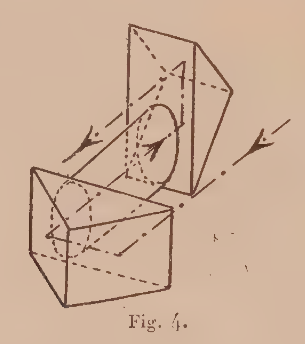


Fig. 4.

perpendiculaire à celle du prisme arrière et le tirage de la chambre noire qui complète l'appareil étant tel que la condition $p = p'$ soit réalisée. L'ensemble est monté sur des rails qui permettent de rapprocher ou d'éloigner cet appareil de l'objet photographié pour le fixer dans les positions successives correspondant à la série des plans choisis pour l'obtention des négatifs.

Il suffit de déplacer la planchette porte-objectif pendant l'exposition pour troubler la définition des points ne correspondant pas à $p = p'$.

Ne disposant pas de prismes taillés d'une façon correcte, les images que j'ai obtenues ainsi n'étaient pas suffisamment bonnes et j'ai alors construit l'appareil que représente la figure 5 réalisant les conditions énoncées en 1°.

Deux flasques présentant chacune une large ouverture sont reliées par des entretoises (non représentées sur la figure).

Ces flasques donnent passage à quatre axes A, B, C, D munis à chacune de leurs extrémités d'un bras de manivelle. Sur chacune des manivelles est fixé un tourillon et le rapport des longueurs des bras de manivelle avant et arrière est égal à $\frac{p}{p+p'}$.

Les quatre tourillons avant sont engagés dans des douilles fixées sur une platine portant l'objectif, et il en est de même des quatre tourillons arrière qui, par l'intermédiaire de douilles, supportent une deuxième

platine à laquelle est fixé le corps arrière de la chambre noire. Les deux platines sont reliées par un soufflet étanche à la lumière. Enfin, l'un des arbres porte une poulie par laquelle on peut, pendant l'exposition, imprimer à tout le système un mouvement de rotation, grâce au dispositif représenté sur la figure.

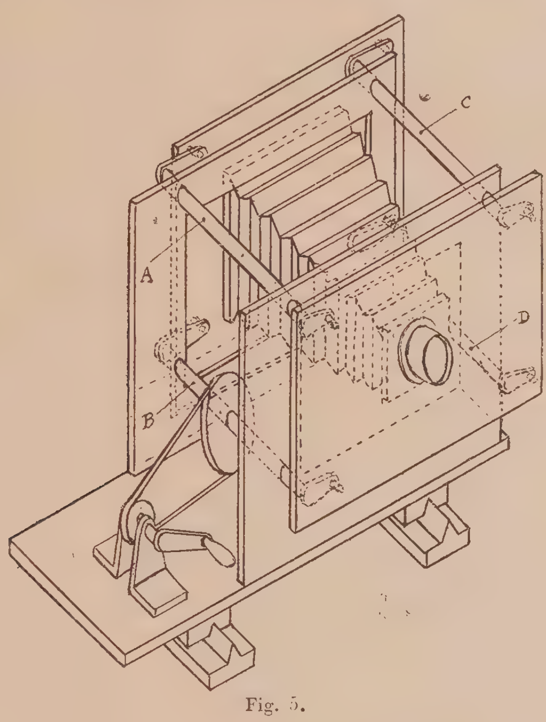


Fig. 5.

D'après les considérations énoncées plus haut, on voit que tout point situé en dehors du plan-objet conjugué du plan-image correspondant au rapport $\frac{p}{p'}$ adopté donne, sur la plaque sensible, une trace circulaire d'un diamètre d'autant plus grand que le point considéré est plus éloigné du plan-objet. En outre, le cercle de diffusion correspondant à l'ouverture de l'objectif ajoute son effet pour troubler la définition de ce point. Seuls les points situés dans le plan-image conjugué du plan-objet se peignent avec netteté.

L'ouverture angulaire des objectifs que l'on peut employer permettrait, en donnant à h une valeur élevée, de localiser l'étendue de netteté en profondeur à un volume très réduit, mais l'expérience prouve qu'on ne peut guère dépasser, pour la circonférence décrite par l'objectif, un diamètre supérieur à 80^{mm}, sous peine d'obtenir, lors de la synthèse par les images

positives, une sorte d'anamorphose conique altérant complètement l'apparence obtenue. Cette anamorphose semble due à ce fait que, pour une définition donnée, le volume focal est plus grand pour les points situés au-delà du plan-objet que pour ceux qui se présentent en deçà de ce plan.

Quoi qu'il en soit, si l'on choisit des valeurs convenables pour les divers éléments, l'appareil conduit, en employant un objectif à grande ouverture relative, à des résultats qui paraissent intéressants ainsi que l'on peut en juger par l'examen des spécimens qui accompagnent la présente Note.

HYDRAULIQUE. — *Utilisation de la force des marées et du choc des vagues de la mer.* Note de MM. **H. Parenty** et **G. Vandamme.**

Comme suite à une Note de M. G. Bigourdan [1] sur l'utilisation de la force des marées par l'entremise d'un volume d'air comprimé dans une cloche qui se remplit graduellement par l'eau de la mer montante, nous décrirons un moyen d'utiliser, en dehors du flux, le choc des vagues et de fournir ainsi de grandes quantités d'air, alternativement aspiré et comprimé à d'assez fortes pressions. L'air comprimé est emmagasiné à mesure qu'il est produit dans des appareils accessoires appropriés.

Ce procédé, actuellement soumis à des expériences, comporte la construction en ciment armé d'une ou plusieurs batteries d'alvéoles parallélépipédiques plats et longs, disposés par couches horizontales, en columbaire, sur toute la hauteur de la marée. Chacun de ces alvéoles est divisé en deux compartiments inégaux communiquant par un large tube inférieur toujours noyé. Le compartiment antérieur, le plus petit, est muni à l'avant d'un seuil qui y retient une lame d'eau, et d'une fenêtre verticale qui reçoit le choc horizontal de la vague; le compartiment postérieur, le plus grand, limite un matelas d'air que sa pression expulse par une soupape équilibrée pour une pression déterminée, et qui se renouvelle aux dépens de l'atmosphère, à travers une autre soupape, pendant l'aspiration due au retrait de la vague.

C'est en définitive, le jeu d'une pompe aspirante et foulante ou d'une presse hydraulique dont, en dehors des soupapes, l'eau de mer constitue tout le mécanisme et fournit les pistons. La pression de l'air comprimé

---

(1) G. Bigourdan, *Un moyen économique d'utiliser la force des marées* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 211).

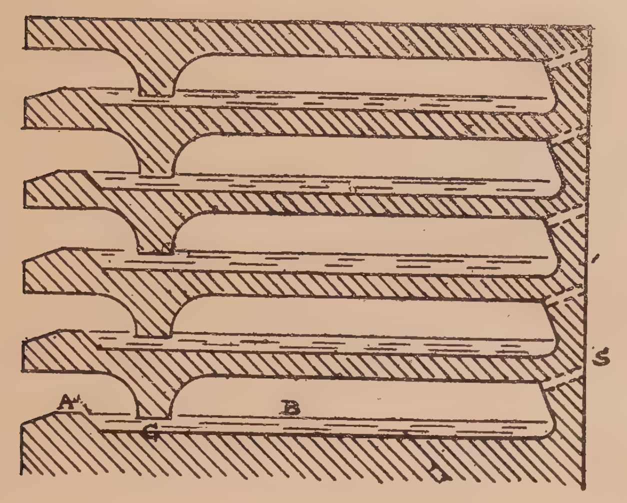


Fig. 1.

Fig. 2.

par le choc des vagues peut atteindre 2^{kg} et 3^{kg}, ce qui permet de l'utiliser directement en de nombreux mécanismes (*fig.* 1).

Au moment du reflux ou du retrait des vagues, un effort de succion s'exerce en sens inverse de la poussée précédente, et ce retour de l'air sous la pression de l'atmosphère peut être également utilisé.

Les installations seront édifiées en des points du rivage où les mouvements des vagues sont importants.

Sans nous attarder sur la convenance de régulariser l'action variable des marées et du choc des vagues par des réservoirs, accumulateurs et autres volants, nous indiquerons que dans la construction des tunnels sous-marins, ce procédé fournirait à la fois la force motrice des outillages de percement et de transport des matériaux et l'aération des galeries (*fig.* 2).

Sur tous les rivages, il donnerait à certaines heures la force et l'éclairage et à d'autres heures la constitution d'une réserve de glace pour la pêche.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 39 suffrages exprimés, M. **A. Lacroix** est élu membre du Conseil de la *Fondation Curie*.

CORRESPONDANCE.

M. **Ch. Marie** adresse le *Rapport général du Comité international des Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie pour l'année* 1919.

MM. **Albert Robin**, **Eugène Simon**, **A. Trillat** prient l'Académie de les compter au nombre des candidats à la place vacante par le décès de M. *Adolphe Carnot*.

MÉCANIQUE. — *Sur une transmission d'énergie mécanique utilisant une masse invariable de gaz en circuit fermé.* Note de M. **Jacques de Lassus**, présentée par M. Rateau.

On sait les importants avantages que la compression adiabatique présente théoriquement sur le mode isothermique : le poids et l'encombrement des appareils, rapportés à leur puissance, se trouvent réduits dans de très fortes proportions, à cause de la quantité d'énergie plus grande qu'une même masse de gaz est capable de véhiculer. Mais pratiquement les compressions adiabatiques conduisent à de très grandes variations de température, dès que les degrés de compression atteignent à des valeurs d'usage intéressantes.

S'il était possible de faire varier la pression de l'atmosphère dans laquelle respire un compresseur fonctionnant adiabatiquement, le travail par tour serait directement proportionnel à la pression d'aspiration pour un rapport volumétrique de compression donné, c'est-à-dire pour un écart donné des températures extrêmes du fluide gazeux. La compression adiabatique à des taux relativement faibles deviendrait alors susceptible d'applications intéressantes : plus la pression serait élevée, plus une transmission pneumatique, par exemple, pourrait utiliser de faibles taux de compression en restant capable d'une même puissance.

Pour créer cette atmosphère artificielle, on sera obligé pratiquement de limiter l'espace où la transmission respirera. Le rapport volumétrique existant entre cet espace et les canalisations de refoulement, reliant compresseur et récepteurs du groupe, aura alors une répercussion sur le fonctionnement général de la transmission dès que ce rapport cessera d'être très grand. Nous verrons que sa valeur finie, désignée par K dans les considérations qui vont suivre, est absolument caractéristique d'une transmission donnée.

Supposons créée cette atmosphère nouvelle. A toute pression initiale de charge donnée, régnant au repos dans tout l'espace limité où le cycle des transformations se ferme, correspond une masse d'air bien déterminée qui y aura été emmagasinée au prix d'un certain travail. Une des conditions essentielles du fonctionnement judicieux d'une transmission dans cette atmosphère artificielle est alors la conservation de la masse d'air initialement fournie. On devra donc s'attacher, d'une part à rendre les fuites aussi faibles que possible, d'autre part à les compenser avec la rapidité et

la précision les plus grandes. C'est ce que l'application de l'une des lois qui régissent les transformations adiabatiques, ou pratiquement polytropiques, de cette masse gazeuse permettra d'assurer.

L'espace où respire la transmission s'appellera dans la suite « capacité », y compris ses canalisations. Le compartiment dans lequel le compresseur refoule, et duquel le récepteur admet, avec ses canalisations, s'appellera « réservoir ».

On conçoit d'abord que le rapport des vitesses du compresseur et du récepteur n'est bien déterminé et stable que s'il correspond à l'identité nécessaire dans l'unité de temps des débits-masse aspiré d'un côté et échappé de l'autre, quel que soit le régime.

Nous supposerons que le couple à l'arbre du compresseur est sensiblement constant (la vitesse de l'arbre pouvant varier) et que la distribution du récepteur est invariable, c'est-à-dire que le degré de détente dans ses cylindres est fixe. A partir de l'état de repos, où la même pression règne à la capacité et au réservoir, mettons le compresseur en mouvement tandis que le récepteur sera soumis à des couples résistants variables entre des limites fixes. Au début, le travail du compresseur est utilisé à établir une chute de pression croissante entre les deux compartiments par diminution de la pression et de la masse du gaz contenu à la capacité, et par augmentation simultanée des masse et pression au réservoir. Cette chute part de zéro et croît jusqu'à atteindre le chiffre pour lequel la résistance du récepteur est vaincue. Puis le régime de l'identité des débits-masse s'établit et se maintient en même temps qu'un rapport de vitesse constant entre les deux éléments. Lorsque le couple résistant varie, un nouveau régime s'établit par variation continue de l'état des pressions et des vitesses jusqu'à nouvel équilibre.

L'un des résultats industriels nouveaux auquel l'étude purement théorique de la machine nous a conduits, est que *le travail par tour au compresseur passe par un maximum au voisinage duquel il se tient sur un long palier, palier unique auquel il arrive d'autant plus vite, c'est-à-dire pour des taux de compression d'autant plus faibles que la valeur de* K *est plus faible*. On pourra donc entraîner le compresseur par un moteur à couple constant, puisque le travail par tour sera sensiblement uniforme autour d'un maximum sur une longue échelle de variation de la chute des pressions. Comme, d'autre part, on peut arriver à ce palier pour des taux de compression faibles, la transmission pourra utiliser pratiquement des transformations aussi voisines qu'on le voudra de l'adiabatique. A tous les régimes correspondront ainsi,

tandis que le couple moteur au compresseur restera sensiblement uniforme, des *pressions et des températures* dans chacun des compartiments, dont *les valeurs seront caractéristiques d'un état donné,* c'est-à-dire du couple résistant considéré.

Cependant nous avons fait implicitement l'hypothèse que les quantités d'énergie fournies et dépensées dans le groupe, pendant un laps de temps déterminé, étaient égales. Cette hypothèse n'est rigoureuse, en admettant que l'on puisse éviter toute fuite de calories à l'extérieur et tout échange à l'intérieur des compartiments, que pour un rapport de compression au compresseur égal au rapport fixe de détente au récepteur. Ce régime est, par image, celui que nous appellerons la « prise directe ». De part et d'autre de la prise directe, la transformation de l'énergie sera incomplète. En « multiplication », il y aura détente prolongée, mais l'échappement deviendra coûteux; en démultiplication, il y aura détente incomplète. Au total, il y aura de ce fait, pour tout régime, sauf au régime de la prise directe, variation systématique de ce que l'on peut appeller l'énergie interne moyenne de la masse gazeuse en circuit; mais cette variation sera faible, et il paraît aisé d'y parer par l'apport judicieux au récepteur ou au réservoir, et la fuite voulue au compresseur ou à la capacité, de calories en petite quantité.

En résumé, on réalise par ce procédé des transmissions à puissance constante, c'est-à-dire donnant, avec les moteurs à couple constant, la solution du changement de vitesse progressif, automatique et continu. Ces transmissions pourront avoir un rendement élevé et un encombrement très réduit. Application possible : traction ferroviaire par moteurs à hydrocarbures.

ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle étoile variable à courte période.* Note de M. A. Danjon, présentée par M. B. Baillaud.

Au cours d'une étude que je poursuis actuellement à l'Observatoire de Strasbourg sur la Nova du Cygne 1920, et dont les résultats seront publiés ultérieurement, j'ai été conduit à faire un millier de mesures photométriques sur les étoiles de comparaison, en vue d'établir une échelle de lumière aussi étendue et cohérente que possible. Dès le début de ce travail, j'ai suspecté de variabilité certaines de ces étoiles qui donnaient des résultats différant sensiblement d'un jour à l'autre, tandis que pour la plu-

part, l'écart moyen des mesures ne dépassait pas $0^m,04$. J'ai continué à suivre les étoiles présumées variables, et les observations sont aujourd'hui en nombre suffisant pour qu'il me soit possible d'annoncer dès maintenant des résultats positifs concernant l'une d'elles, l'étoile *d Cygne* dont la position pour 1920 est $\alpha = 19^h 48^m 37^s,3$, $\delta = 52° 47' 11''$.

1. *L'étoile d Cygne varie de la grandeur* 5,16 *à la grandeur* 5,36. Ces valeurs sont rapportées aux étoiles suivantes. La colonne HR renferme les magnitudes d'après la *Revised Harvard Photometry*, la colonne D fournit les magnitudes que j'ai adoptées d'après l'ensemble de mes mesures.

Étoiles.	Magnitudes. HR.	D.
ψ Cygne....................	4.80	4,80
BD 52 2623....................	5.72	5,72
BD 51 2763....................	6.28	6,26

2. La variation est à *courte période*, et le passage du maximum au minimum ou *vice versa* peut être observé au cours d'une même soirée.

3. L'ensemble des observations est représenté par une courbe de lumière du type de β *Lyre*, dont voici les éléments :

$$M = 5^m,16, \qquad m_1 = 5^m,36, \qquad m_2 = 5^m,26, \qquad P = 1^j,0815.$$
$$\text{min.} = 2422629,33 + 1,0815\ E,\ \text{j. jul.}$$

Cette courbe représente l'ensemble des mesures avec une erreur moyenne de $0^m,036$, précisément égale à celle des comparaisons des fondamentales entre elles. Elle est donc aussi satisfaisante que possible. La période résulte d'un intervalle total de 48 périodes dont le commencement et la fin sont fixés à une demi-heure près : l'erreur sur P peut donc atteindre une ou deux minutes.

Toutes les mesures ont été faites au photomètre de Zöllner de l'Observatoire de Strasbourg. Étant donnée la faible amplitude de la variation ($0^m,2$), il eût été difficile de la constater à l'œil nu, par la méthode des degrés, et d'obtenir rapidement la courbe de lumière. On pourrait d'ailleurs augmenter encore la précision du photomètre par des améliorations que suggère son emploi, et qui rendraient les plages plus uniformes et plus semblables.

On connaît une vingtaine d'étoiles du type β Lyre, la plupart inférieures à la 8e grandeur. L'étoile *d* Cygne sera la quatrième des étoiles de ce type visibles à l'œil nu. A ce titre, sa découverte est intéressante, car son étude

spectroscopique doit apporter des précisions nouvelles sur cette classe de variables, dont les raies présentent des particularités encore inexpliquées.

Malheureusement, l'Observatoire de Strasbourg n'est pas outillé pour entreprendre l'étude spectroscopique de la nouvelle variable. Un effort pécuniaire important sera nécessaire pour l'adapter à ce genre d'études, actuellement parmi les plus importantes de l'Astrophysique. Pour l'instant, je dois me borner à signaler l'étoile *d* Cygne, à l'attention des astronomes actuellement plus favorisés.

PHYSIQUE. — *A propos d'un article de M. Irving Langmuir et d'un article de M. R.-W. Wood*. Note de M. L. **Dunoyer**.

Dans un Mémoire sur *l'évaporation, la condensation et la réflexion des molécules, et le mécanisme de l'adsorption* (1) M. Irving Langmuir s'exprime ainsi : « Par souci de l'exactitude historique, je dois appeler l'attention sur le fait que la propagation rectiligne des molécules dans le vide, que Wood et Dunoyer (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 593) ont décrite, est depuis longtemps familière aux fabricants de lampes à incandescence... ».

Les circonstances m'ont empêché de connaître ce Mémoire à l'époque où il a paru. « Par souci de l'exactitude historique », je demande la permission de faire remarquer que la Note aux *Comptes rendus* citée par M. Langmuir n'est pas de Wood et Dunoyer, mais de ce dernier seul. Ultérieurement à cette Note, j'ai étudié le phénomène en question dans plusieurs publications (2).

Ces recherches ont été reprises par M. R.-W. Wood, en 1915. Si les fabricants de lampes à incandescence ont parfois observé le phénomène dont il s'agit, il faut croire qu'on n'était guère maître de le produire à volonté et de l'étudier; car, dans le Mémoire que cite M. Langmuir, M. Wood s'exprime ainsi (3) : « Il y a huit ou dix ans, j'ai fait quelques efforts pour réaliser ce qui peut être appelé un gaz à une dimension.... Comme aucun résultat bien défini n'a été obtenu, il est inutile de rapporter les détails de l'expérience. Des essais furent faits aussi pour réaliser un gaz à une dimen-

(1) *Physical Review*, t. 8, 1916, p. 149-176.

(2) *Le Radium*, t. 8, 1911, p. 142-146; t. 10, 1913, p. 400-402; *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1068.

(3) *Phil. Mag.*, 1915, p. 300.

sion en vaporisant du mercure dans un tube dont une partie était refroidie par de l'acide carbonique solide, mais ces expériences donnèrent des résultats négatifs. Les très intéressantes observations de L. Dunoyer sur la formation de dépôts de sodium métallique nettement définis, dépôts dus à un flux de molécules à travers le tube, m'a conduit à répéter mes anciennes expériences avec le mercure. »

« M. Dunoyer m'a fait ressortir la nécessité d'employer un vide très parfait et, après une ou deux expériences, je n'ai eu aucune difficulté à observer le phénomène avec le mercure.... » Tout en remerciant M. Wood de l'intérêt qu'il a bien voulu prendre à mes expériences, je regrette qu'il n'en ait pas cité la référence bibliographique. Peut-être l'erreur de M. Langmuir en eût été rendue moins facile.

THERMODYNAMIQUE. — *Application du principe de Carnot-Clausius aux ondes de choc des solides élastiques.* Note [1] de M. E. **Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Nous nous proposons de rechercher ici les conditions que le principe de Carnot-Clausius impose aux ondes de choc dans les solides élastiques quand ces ondes propagent des discontinuités qui ne sont pas trop fortes.

Nous ferons cette recherche en supposant que l'état 1, où se propage par onde de choc l'état 2, est homogène et isotrope. Nous choisirons cet état 1 pour état initial et nous prendrons l'axe des x normal à la surface de l'onde à l'origine. Dès lors on a, en se référant aux équations (1) d'une Note précédente [2] :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial\xi_1}{\partial a}=\frac{\partial\eta_1}{\partial a}=\frac{\partial\zeta_1}{\partial a}=\frac{\partial\xi_1}{\partial b}=\frac{\partial\eta_1}{\partial b}=\frac{\partial\zeta_1}{\partial b}=\frac{\partial\xi_1}{\partial c}=\frac{\partial\eta_1}{\partial c}=\frac{\partial\zeta_1}{\partial c}=0,\\ &\frac{\partial\xi_2}{\partial b}=\frac{\partial\eta_2}{\partial b}=\frac{\partial\zeta_2}{\partial b}=\frac{\partial\xi_2}{\partial c}=\frac{\partial\eta_2}{\partial c}=\frac{\partial\zeta_2}{\partial c}=0,\\ &\frac{\partial\xi_2}{\partial a}=f,\qquad \frac{\partial\eta_2}{\partial a}=g,\qquad \frac{\partial\zeta_2}{\partial a}=h,\end{aligned}\right.$$

II. Il faut d'abord remarquer que la courbe $\mathcal{C}$, définie dans notre précédente Note, a ici une forme singulière.

L'état initial étant homogène et isotrope, l'énergie interne U ne dépend

---

(1) Séance du 2 novembre 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 789.

des ε et des γ que par l'intermédiaire des expressions

$$\begin{aligned} J_1 &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \\ J_2 &= 4(\varepsilon_2\varepsilon_3 + \varepsilon_3\varepsilon_1 + \varepsilon_1\varepsilon_2) - (\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2), \\ J_3 &= 4\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 - \varepsilon_1\gamma_1^2 - \varepsilon_2\gamma_2^2 - \varepsilon_3\gamma_3^2 + \gamma_1\gamma_2\gamma_3. \end{aligned}$$

Et, par conséquent, les équations (2) de notre précédente Note s'écrivent

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} kf &= \left(\frac{\partial U}{\partial J_1}\right)_2 (1+f) - \left(\frac{\partial U}{\partial J_1}\right)_1, \\ kg &= \left[\frac{\partial U}{\partial J_1} - 2\frac{\partial U}{\partial J_2}\right]_2 g, \\ kh &= \left[\frac{\partial U}{\partial J_1} - 2\frac{\partial U}{\partial J_2}\right]_2 h, \\ k(U_2 - U_1) &= \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial J_1}\right)_2^2 (1+f)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial J_1} - 2\frac{\partial U}{\partial J_2}\right)_2^2 (g^2+h^2) - \left(\frac{\partial U}{\partial J_1}\right)_1^2\right]. \end{aligned}\right.$$

Elles ne contiennent, comme variables, que k, σ, f et g^2+h^2. La courbe $\mathfrak{S}$ qu'elles définissent dégénère en une figure composée :

1° De l'axe des x;

2° D'une surface de révolution autour de Ox.

III. Supposons maintenant que l'onde de choc ne soit pas trop forte et conservons seulement les premiers termes du développement de U. Tenons compte de (1) et arrêtons-nous au quatrième ordre en $\frac{\partial\xi}{\partial a}, \ldots$, il vient

$$(3)\quad \begin{aligned} rU = &-2\nu'\frac{\partial\xi}{\partial a} + \left(\frac{\lambda'}{2} + \mu' - \nu'\right)\left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\mu'}{2} - \nu'\right)\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\zeta}{\partial a}\right)^2\right] \\ &+ \chi\left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)^3 + \psi\frac{\partial\xi}{\partial a}\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\zeta}{\partial a}\right)^2\right] \\ &- \rho\left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)^4 + \tau\left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)^2\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\zeta}{\partial a}\right)^2\right] + \omega\left[\left(\frac{\partial\eta}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial\zeta}{\partial a}\right)^2\right]^2. \end{aligned}$$

Les coefficients λ', μ', ν', χ, ψ, ρ, τ, ω sont des fonctions de S. Il est facile de voir que λ', μ', ν' sont reliés aux coefficients λ, μ, ν d'une Note antérieure du 13 septembre 1920 par les relations

$$\lambda' = \lambda + \frac{4T}{rc}\left(\frac{d\nu}{dT}\right)^2, \qquad \mu' = \mu, \qquad \nu' = \nu.$$

L'expression (3) de U peut être utilisée pour étudier les ondes de choc représentées par des points de $\mathfrak{S}$ voisins de l'origine.

IV. Prenons d'abord une onde de choc représentée par un point P voisin

de l'origine sur l'axe Ox. Soit

$$k_0 = \frac{\lambda' + 2\mu' - 2\nu'}{r} = \frac{\lambda + 2\mu - 2\nu + \frac{4T}{rc}\left(\frac{d\nu}{dT}\right)^2}{r}$$

le carré de la célérité des ondes longitudinales d'accélération. Au point P, $k = k_0 + \varepsilon$ et la première équation (2) donne

$$r\varepsilon = 3\chi f.$$

D'autre part, la formule (3) de notre précédente Note donne

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{12}\Delta^3 U = \frac{1}{54}\frac{r^2}{\chi^2}\varepsilon^3 = \frac{1}{2}\frac{\chi}{r}f^3.$$

Le principe de Carnot-Clausius exige que σ soit positif. D'où les conséquences suivantes :

1° ε est positif et par suite l'onde de choc a une célérité supérieure à l'onde d'accélération ;

2° Les seules ondes de choc compatibles avec le principe de Carnot-Clausius sont celles où f a le signe de χ.

Ces résultats concordent avec ce qui est déjà démontré pour les ondes de choc des gaz.

V. Prenons maintenant un point Q situé au voisinage de l'origine sur la surface de révolution qui constitue la seconde partie de $\mathfrak{S}$.

Soit $k_1 = \frac{\mu' - 2\nu'}{r}$ le carré de la célérité des ondes transversales d'accélération. Au point Q, $k = k_1 + \varepsilon$ et les équations (2) donnent

$$(4) \qquad f = \frac{r\varepsilon}{2\psi} = -\frac{\psi}{\lambda' + \mu'}(g^2 + h^2).$$

D'autre part, $\Delta^3 U$ vaut $6f(\chi f^2 + \psi g^2 + \psi h^2)$, ce qui, par (4), est du quatrième ordre. Le calcul qui a donné la formule (3) de notre précédente Note et qui a été fait au quatrième ordre près est donc à reprendre en négligeant simplement le cinquième ordre. On trouve alors que la formule (3) de notre Note précédente doit être remplacée par

$$\frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{12}\Delta^3 U + \frac{1}{24}\Delta^4 U,$$

ce qui donne ici

$$(5) \qquad \frac{\partial U}{\partial S}\sigma = \frac{1}{2}\left(\omega - \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}\right)(g^2 + h^2)^2 = \left(\omega - \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}\right)\frac{r(\lambda' + \mu')^2}{4\psi^4}\varepsilon^2.$$

Supposons, pour fixer les idées, $\lambda' + \mu' > 0$. Dès lors :

1° En vertu de (4), ε est négatif et l'onde de choc va moins vite que l'onde transversale d'accélération;

2° En vertu de (5), cette onde est compatible avec le principe de Carnot-Clausius si $\omega > \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}$, incompatible avec lui si $\omega < \frac{1}{2}\frac{\psi^2}{\lambda' + \mu'}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Indications anormales fournies par les radiochromomètres avec les rayons X très pénétrants.* Note de M. **R. Biquard**, présentée par M. J. Violle.

Dans les applications radiographiques ou radiothérapiques des rayons X, on emploie fréquemment pour évaluer la pénétration moyenne ou dureté des rayonnements le radiochromomètre de Benoît ou ceux de Ropiquet, de Belot et de Walter, qui n'en sont que des variantes de construction, et dont le principe commun repose sur le fait que le rapport entre les épaisseurs d'aluminium et d'argent ayant même absorption apparente, augmente avec la pénétration moyenne des rayonnements.

Cette pénétration est ainsi évaluée par l'épaisseur en millimètres (degré Benoît) d'une lame d'aluminium telle que la fraction du rayonnement qui la traverse produise sur une plaque photographique ou un écran fluorescent une action équivalente à celle de la fraction transmise à travers une lame d'argent de $0^{mm},11$.

Les chiffres de dureté Benoît que l'on obtient avec les ampoules à gaz ionisés varient de 3 à 7,5.

Or on a été surpris de constater, au début de l'emploi des ampoules Coolidge, que malgré l'application de tensions moyennes atteignant 95000 volts, et par conséquent bien supérieures au maximum des tensions supportées pratiquement par les anciennes ampoules à gaz ionisés, soit 60000 à 70000 volts (16^{cm} à 20^{cm} d'étincelle entre pointes), on n'obtient jamais de degré Benoît supérieur à 7. Au contraire, l'élévation du voltage d'alimentation de l'ampoule au-dessus de 70000 volts (20^{cm} d'étincelle) abaisse le degré jusqu'au-dessous de 7, de même que la filtration à travers des épaisseurs croissantes d'aluminium des rayonnements émis à ces tensions élevées.

Cependant on a reconnu, d'autre part, et en particulier par les expé-

riences de Rutherford et Barnes [1], que la pénétration moyenne des rayonnements émis par l'ampoule Coolidge, mesurée par le coefficient de transmission dans l'aluminium, croît constamment, d'une part avec la tension à laquelle est alimentée l'ampoule, d'autre part avec la sélection résultant du passage dans des épaisseurs croissantes de métal.

Les rayons provenant d'une ampoule Coolidge alimentée sous 95000 volts, filtrés à travers 18^{mm} d'aluminium, ne perdent plus que 6 pour 100 de leur énergie par millimètre d'aluminium traversé, alors qu'avec les ampoules à gaz ionisé, l'absorption la plus faible constatée dans les mêmes conditions était de 11 pour 100 (Guilleminot).

On est donc amené à mettre en cause le principe de l'appareil de Benoît, et en effet, nous avons reconnu que ce principe n'est pas valable dans l'étendue entière de la gamme des rayonnements X, le rapport d'équivalence $\frac{\text{épaisseur d'aluminium}}{\text{épaisseur d'argent}}$ passant par un maximum pour décroître ensuite quand la pénétration augmente.

Nous avons mesuré pour le rayonnement d'une ampoule Coolidge alimentée par un transformateur à noyau fermé à une tension moyenne d'onde, de 88000 volts (26^{cm} d'étincelle entre pointes) les transmissions à travers un nombre croissant de lames d'argent de $0^{mm},11$, et à travers un nombre croissant de lames d'aluminium de 1^{mm}.

De la courbe de transmission obtenue pour l'aluminium, on a déduit l'épaisseur équivalente aux lames d'argent successives. L'évaluation comparative des rayonnements transmis était faite par la méthode fluorométrique de Guilleminot. On a obtenu les résultats suivants :

Nombre de lames d'argent de $0^{mm},11$ interposées.	Transmission apparente à travers l'ensemble des lames d'argent.	Épaisseur d'aluminium équivalente aux lames d'argent interposées (en millimètres).
1.............	23	6,7
2.............	11,2	13,2 (= 6,7 + 6,5)
3.............	6,3	19,5 (= 6,7 + 6,5 + 6,3)
4.............	3,9	25,5 (= 6,7 + 6,5 + 6,3 + 6)

Les rayonnements qui franchissent les lames successives d'argent ont une pénétration de plus en plus élevée, puisque la quatrième lame

[1] RUTHERFORD et BARNES, *Philosophical Magazine*, 1915, n° 177, p. 361.

transmet $\frac{3,9}{6,3} = 62$ pour 100 du rayonnement issu de la troisième, alors que la première lame ne transmet que 23 pour 100 du rayonnement initial. La courbe de transmission dans l'aluminium montre aussi que le 25e millimètre transmet 93 pour 100, alors que le premier ne transmet que 67 pour 100.

Qnant au degré qu'indiquerait l'appareil Benoît pour les rayonnements transmis à travers les lames successives d'argent, il serait évidemment :

Degré du rayonnement initial	$\frac{1}{10}\,\frac{6,7}{0,11} = 6,1$
» après la 1re lame	$\frac{1}{10}\,\frac{6,5}{0,11} = 5,9$
» après la 2e lame	$\frac{1}{10}\,\frac{6,3}{0,11} = 5,7$
» après la 3e lame	$\frac{1}{10}\,\frac{6}{0,11} = 5,5$

Il y a donc décroissance nette du rapport de Benoît.

D'ailleurs on constate que, pour les rayonnements émis à partir de 60000 volts moyens (16^{cm} d'étincelle) et quelle que soit l'ampoule génératrice, les indications du radiochromomètre cessent d'augmenter d'une maniére appréciable.

Cet appareil ne peut donc donner d'indications utiles quand les ampoules sont alimentées au delà de cette tension, et en particulier dans leur emploi en radiothérapie pénétrante, où on la dépasse généralement. Son emploi doit être limité aux rayons de pénétration moyenne ou faible tels que ceux utilisés en radiographie médicale ou en radiothérapie superficielle.

ÉLECTROCHIMIE. — *Spectres d'étincelle du mercure, du cuivre, du zinc et du thallium dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

I. *Mercure.* — Le spectre d'étincelle du mercure est riche en raies dans la région de Schumann. Il a fait l'objet des importantes recherches de Lyman, qui a déterminé, au moyen d'un spectrographe à réseau, les longueurs d'onde de 86 raies du mercure entre 1875,7 et 1269,7 U. A. La précision des mesures de Lyman atteint 0,3 U. A. et un certain nombre des raies intenses qu'il donne peuvent jouer le rôle de raies-étalon. Nous nous sommes servis de ces raies pour mesurer par interpolation divers spectres

d'étincelles métalliques dans l'ultraviolet extrême ([1]). Il nous a paru important de compléter les résultats de Lyman en mesurant les longueurs d'onde de nombreuses raies du mercure, d'intensité plus faible, qui semblent difficiles à obtenir au réseau, mais qui apparaissent régulièrement sur les clichés de notre spectrographe à prisme. Les clichés ont été obtenus en employant comme électrodes les amalgames de cadmium et de sodium. La liste suivante fait connaître, entre 1650 et 1400 U. A., 36 raies nouvelles du mercure. La première colonne contient les longueurs d'onde trouvées par nous, la seconde contient les longueurs d'onde publiées par Lyman. Les nombres placés entre parenthèses sont des longueurs d'onde des raies de Lyman qui ont servi de base à nos calculs.

Int.	λ.	Lyman.	Int.	λ.	Lyman.	Int.	λ.	Lyman.
1....	1641,5	(1641,5)	1....	1583,4	–	3....	1527,4	(1527,4
1....	1636,0	–	1....	1581,9	–	1....	1525,4	–
1....	1634,2	–	1....	1578,0	–	2....	1511,4	–
1....	1632,6	–	1....	1575,9	–	2....	1507,3	–
1....	1625,7	–	1....	1569,8	1570,3	1....	1504,7	–
1....	1623,9	–	2....	1567,9	1568,0	1....	1497,3	–
1....	1622,1	–	1....	1561,4	1561,0	3....	1495,0	(1495,0)
1....	1619,6	–	1....	1558,7	–	2....	1481,2	1481,6
1....	1617,6	–	1....	1551,5	1550,8	1....	1479,8	–
1....	1614,2	–	1....	1550,0	1548,4	2....	1477,9	–
1....	1611,9	–	1....	1545,7		1....	1474,6	–
1....	1607,3	–	1....	1541,9	–	1....	1472,6	–
1....	1605,2	–	2....	1540,5	1540,5	2....	1467,4	–
1....	1601,2	–	1....	1538,4	–	1....	1466,1	–
3....	1599,4	1599,4	1....	1533,8	–	1....	1461,7	–
1....	1596,0	–	1....	1530,9	–	2....	1459,3	–
3....	1592,9	(1592,9)				1....	1454,2	–
						2....	1416,9	(1416,9)

II. *Cuivre.* — Le spectre d'étincelle du cuivre a été étudié par Handke jusqu'à 1594,2 U. A. Nous avons retrouvé la plupart des raies intenses de Handke, plus un certain nombre de raies faibles. Le spectre du cuivre paraît se terminer par un groupe de quatre raies caractéristiques situées au delà de la limite atteinte par Handke. Le Tableau suivant contient les résultats de nos mesures entre 1784,8 et 1543,0 U. A. A partir de 1661,2, les raies indiquées sont nouvelles, sauf 1652,1, 1642,4 et 1593,6.

([1]) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 226 et 320; t. 171, 1920, p. 709.

Intensité.	λ.	Intensité.	λ.
2	1784,8	1	1661,2
1	1775,3	2	1658,4
2	1769,2	1	1657,2
1	1759,9	3	1654,8
1	1755,6	3	1652,1
5	1750,1	3	1649,9
5	1741,6	1	1647,5
5	1740,1	5	1642,4
2	1728,3	3	1639,0
6	1722,6	4	1628,3
1	1718,7	4	1621,2
1	1716,9	3	1616,6
1	1711,5	2	1609,6
4	1709,0	3	1606,2
4	1705,6	2	1603,0
5	1702,1	2	1599,9
2	1692,8	3	1593,6
2	1689,3	1	1552,3
3	1687,2	1	1550,2
2	1684,6	2	1548,0
2	1681,8	1	1543,0
2	1679,5		
2	1677,5		
3	1674,8		
3	1671,9		
3	1670,3		

III. *Zinc.* — Le spectre d'étincelle du zinc s'étend beaucoup plus loin que celui du cuivre dans l'ultraviolet extrême. Il a été mesuré par Saunders jusqu'à 1603,09 et par Handke jusqu'à 1632,9. Récemment, Millikan l'a prolongé jusque vers 1200 U. A., sans prétendre donuer dans la mesure des longueurs d'onde plus que des valeurs d'indication. Le Tableau suivant fait connaître le résultat de nos mesures entre 1850 et 1445 U. A. Il contient une dizaine de raies qui n'ont été mesurées jusqu'ici ni dans le spectre d'étincelle ni dans le spectre d'arc du zinc.

Intensité.	λ.	Intensité.	λ.
3	1839,0	2	1600,9
3	1831,1	2	1598,5
2	1821,6	6	1581,7
1	1816,4	1	1567,8
2	1810,6	1	1562,6
1	1796,8	2	1560,9
3	1767,6	3	1515,9
4	1749,4	2	1506,1
3	1706,7	2	1499,8
3	1688,6	1	1491,3
2	1673,2	1	1486,4
3	1651,9	3	1473,9
4	1644,9	1	1465,0
5	1639,4	3	1457,3
5	1629,2	2	1451,3
4	1622,4	1	1445,0
3	1619,5		

IV. *Thallium*. — Le spectre d'étincelle du thallium n'a pas été étudié jusqu'ici. Il nous a fourni des raies qui coïncident souvent avec les raies d'arc observées par Mac Lennan. Le Tableau ci-dessous contient toutefois 13 raies nouvelles.

Intensité.	λ.	Intensité.	λ.
2	1837,4	1	1596,9
6	1827,9	1	1572,4
8	1014,5	2	1568,9
1	1804,6	2	1561,9
1	1801,5	4	1558,9
2	1798,1	1	1538,6
4	1792,6	1	1508,5
1	1749,8	1	1507,1
1	1742,6	2	1500,1
3	1660,2	1	1491,7
2	1657,2	2	1478,1
1	1644,1	1	1477,2
1	1601,5		

CHIMIE PHYSIQUE. — *A propos de la détermination du nombre des constituants indépendants. La règle de M. Dubreuil; l'action de l'eau sur un mélange de sels.* Note de **M. C. Raveau.**

I. La règle que M. Dubreuil vient d'énoncer [1] entraîne cette conséquence : « Le nombre des constituants indépendants est au plus égal au plus petit des nombres K ou *n*, c'est-à-dire des corps simples composants ou des espèces chimiques qui forment le système. »

Gibbs [2] a écrit : « Le nombre des composants [3] sera tantôt plus grand, tantôt plus petit que celui des éléments chimiques en présence. Par exemple, dans l'équilibre d'un système renfermant de l'eau, avec de l'hydrogène et de l'oxygène libres, il faut considérer dans la partie gazeuze [4] trois composants distincts. »

II. Comme beaucoup d'autres auteurs, M. Dubreuil indique que, dans le cas de la dissociation de HI par exemple, il faut tenir compte du fait que H^2 et I^2 libres sont en quantités équimoléculaires. Cette condition réduit d'une unité le nombre des constituants indépendants. Par contre, pas plus que ses prédécesseurs, M. Dubreuil n'explique pourquoi, dans le cas (idéal) de la dissociation de CO^3Ca, on n'a pas à exprimer que CaO et CO^2 sont soumis à la même égalité.

Il reste donc que l'on doit, *après examen*, tenir compte des relations qui influent sur la variance et négliger les autres [5]. C'est ce que va mettre en relief l'exemple suivant où, admettant la valeur de la variance, on a cherché à calculer le nombre des parties distinctes du système.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 720. La phrase citée se trouve dans une rédaction plus étendue, au *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. 27, p. 809.

(2) *Équilibre des systémes chimiques*, traduction Le Chatelier, p. 15-16.

(3) Ce sont les *constituants* de M. Dubreuil.

(4) Gibbs néglige ici la solubilité de H^2 et O^2 dans l'eau.

(5) N'oublions pas de plus qu'on ne peut raisonner qu'en partant des hypothèses suivantes : 1° à une température et sous une pression données, on sait amener HI partiellement dissocié à un état parfaitement déterminé, indépendant de la masse traitée ; 2° l'équilibre entre CO^3Ca, CO^2, CaO est indépendant des masses en présence. C'est dire qu'aucune théorie ne fera jamais que retrouver les conditions supposées d'abord.

III. M. Rengade (¹) a étudié expérimentalement et soumis à l'application de la règle des phases l'action de l'eau sur un des deux mélanges NO^3Am et $NaCl$ ou NO^3Na et $AmCl$, qui renferment les mêmes ions. Examinons la question *a priori*.

Le point fondamental est celui-ci : *Des deux couples complémentaires, l'un est moins stable que l'autre;* il tend à subir la double décomposition. Cette tendance se réalise dès qu'on humecte d'une trace d'eau, qui joue le rôle de catalyseur.

Partons d'un mélange des sels du *premier couple*, $NO^3Am + k\,NaCl\,(k < 1)$ et traitons-le par un peu d'eau. S'il se trouve que ce couple est instable, il donne lieu avant tout à la réaction *irréversible*

$$NO^3Am + NaCl \rightarrow NO^3Na + AmCl$$

et $NaCl$ disparaît totalement. C'est ce qu'a constaté M. Rengade et c'est à peu près le seul appel qu'il soit nécessaire de faire à l'expérience.

En étudiant la composition du mélange solide en contact avec la petite quantité de dissolution formée, M. Rengade a reconnu que les trois autres sels y figuraient. Ceci n'est pour nous qu'une vérification.

Un résultat d'analyse quantitative était également certain : la partie dissoute peut être considérée comme la somme de quantités des trois sels solides présents. En effet, la formule globale d'un mélange quelconque des quatre ions peut, toujours et d'une seule façon, être représentée par la somme de masses de sels composant l'une des deux triades :

(I) NO^3Na, $AmCl$, NO^3Am;

(II) NO^3Na, $AmCl$, $NaCl$.

Or la formule (I) convient au cas où l'on a ajouté assez d'eau pour dissoudre la totalité du mélange. Si la formule (II) pouvait représenter celui où la quantité d'eau est petite, il en résulterait cette conséquence absurde : l'addition d'une quantité d'eau convenable permettrait d'obtenir une dissolution qui, en présence des trois sels (I), contiendrait seulement les deux premiers.

Enfin les solubilités respectives de $AmCl$, NO^3Na, NO^3Am ont des

---

(¹) *Sur la purification des sels par clairçage ou par cristallisation fractionnée* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 237). Un Mémoire plus étendu, *Étude d'une double décomposition saline réversible* (*Rev. gén. des Sciences*, t. 28, 1917, p. 489), contient la description d'expériences exécutées à chaud dont la signification me paraît trop douteuse pour qu'il me soit possible d'en faire état.

valeurs croissantes très différentes. C'est donc sans étonnement que nous voyons les quantités des trois sels dissous se succéder dans le même ordre.

L'addition progressive d'eau aura alors pour premier effet de dissoudre, sans changement de titre de la solution, NO^3Am, NO^3Na, AmCl. Si k est suffisamment petit, c'est-à-dire s'il y a un grand excès de NO^3Am, alors NO^3Na sera dissous le premier et l'on aura des solutions de titres variables en contact avec NO^3Am, AmCl jusqu'à ce que l'un de ces deux sels ait été à son tour complètement dissous. Si (je complète ici M. Rengade) k a des valeurs suffisamment grandes ($> 0,7$ à 16°), c'est au contraire NO^3Am qui passera d'abord totalement en solution.

On peut, *mutatis mutandis*, répéter presque tout ce qui précède pour les cas où il y a excès de NaCl ($k > 1$). Dans une expérience restée inédite, M. Rengade a vérifié que, seul, NO^3Am solide ne subsistait pas en présence de la solution des trois autres sels. Ici, le peu de différence des solubilités de NaCl et AmCl isolés interdit des prévisions aussi complètes que précédemment.

Si enfin $k = 1$, la double décomposition fournit molécules égales de NO^3Na et AmCl. En présence de ces deux solides, qu'elle dissout seuls, la solution a une composition parfaitement déterminée, qui serait exactement la même si l'on était parti d'un mélange en proportions quelconques des deux sels du *second couple*, $NO^3Na + k'$ AmCl.

Ainsi *les phénomènes sont tout différents suivant le couple dont on part*. Dans un cas, on obtient d'abord une solution déterminée en présence de trois sels, dont deux sont toujours NO^3Na, AmCl, ensuite des solutions de titres variables en présence de deux sels, puis d'un seul. Dans l'autre, deux sels au plus, NO^3Na, AmCl, sont en équilibre avec une solution déterminée et l'un quelconque d'entre eux avec des solutions de composition variable.

Le premier cas est l'équivalent du cas le plus général où l'on partirait de trois ou quatre sels. Le second cas est toujours particulier; la composition de la solution révèle toujours le mélange dont on est parti.

IV. L'application de la règle des phases conduit à des considérations toutes différentes. Envisageant d'abord au sein du liquide une réaction réversible dont l'expérience ne fournit aucun indice, on part de l'existence de quatre sels, dont trois indépendants. Admettant alors comme évident que la composition d'une solution en présence d'un grand excès de solide est déterminée uniquement par la température et la pression, on en conclut que, « de toute nécessité » et dans tous les cas, cette solution est en pré-

sence de trois sels, ce qui est vrai seulement quand on part du mélange de NO^3Am et NaCl.

En fait, le nombre des constituants indépendants qu'il faut introduire dans la formule de Gibbs est 4 dans un cas, 3 dans l'autre, mais on ne le sait que quand on s'est rendu un compte exact de ce qui doit se passer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation catalytique de l'alcool amylique de fermentation.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine :

I. On sait que l'alcool amylique de fermentation qui bout de 129° à 132° est un mélange d'alcool isopropyléthylique (le plus abondant) et d'alcool méthyléthyléthylique. Ces alcools se déshydratent au contact du chlorure de zinc et des auteurs semblent encore admettre que cette déshydratation donne, conformément à la théorie,

$$(a)\quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH-CH^2-CH^2OH = \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH-CH=CH^2+H^2O,$$

Alcool isopropyléthylique. — Méthyl$_2$butène$_3$ (Isopropyléthylène).

$$(b)\quad \begin{matrix}CH^3-CH^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>CH-CH^2OH = \begin{matrix}CH^3-CH^2\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=CH^2+H^2O.$$

Alcool méthyléthyléthylique. — Méthyl$_2$butène$_1$ (Méthyléthyléthylène).

En réalité, le produit principal de la déshydratation de l'alcool amylique de fermentation par le chlorure de zinc est le triméthyléthylène $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=CH-CH^3$ (méthyl$_2$butène$_2$). D'après Wischnegradsky, qui a le mieux étudié la question, cette déshydratation fournirait 50 pour 100 de triméthyléthylène, soluble dans l'acide sulfurique dilué (2^{vol} d'acide fort $+ 1^{vol}$ d'eau), la partie insoluble consistant en amylènes isomères et hydrures d'amylène [1]. C'est l'hydrolyse de la solution sulfurique de ce triméthyléthylène qui fournit l'hydrate d'amylène $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH-CH^2-CH^3$, alcool amylique tertiaire, dont l'emploi comme hypnotique tend à se généraliser.

II. Les catalyseurs déshydratants se comportent-ils comme le chlorure de zinc vis-à-vis du même alcool amylique? D'après les expériences publiées

(1) *Comptes rendus*, t. **86**, 1878, p. 973; *Bull. Soc. chim.*, t. **1**, 1877, p. 261 et 452; t. **2**, 1892, p. 1340.

jusqu'ici ([1]), la déshydratation catalytique de cet alcool se ferait surtout d'après les équations (*a*) et (*b*) et ne donnerait que peu de triméthyléthylène. La même interprétation, comme on vient de le voir, avait été donnée tout d'abord à l'action du chlorure de zinc, et c'est ce qui m'a engagé à revenir sur cette déshydratation catalytique, en préparant cette fois d'assez grandes quantités d'amylène pour arriver à une détermination plus sûre des divers isomères.

III. L'alcool amylique arrivait avec une vitesse de 50^{cm^3} à 55^{cm^3} à l'heure dans un tube de cuivre chauffé à 340°-350° (température de l'intérieur du tube), et ses vapeurs, en passant sur du silicate d'alumine, donnaient de l'amylène, de l'eau et de l'alcool non transformé, qui se réunissaient dans un récipient refroidi. Après décantation de l'eau, le mélange d'amylène et d'alcool amylique était distillé à une très douce chaleur. Arrivé à 38°-39°, le thermomètre baissait en même temps que s'arrêtait la distillation, ce qui indiquait que tout l'amylène s'était séparé de l'alcool qui restait seul dans le ballon.

J'ai obtenu de la sorte 3^l d'amylène brut; le premier litre (flacon F_1) après 32 heures de catalyse; le deuxième litre (flacon F_2) après 40 heures comptées à partir du premier; le troisième litre (flacon F_3) après 52 heures comptées à partir du second. Par où l'on voit que le catalyseur s'affaiblit graduellement puisque, avec la même vitesse d'écoulement de l'alcool amylique, la quantité d'amylène produite dans 1 heure diminue et que dès lors la proportion d'alcool non déshydraté augmente.

Les liquides F_1, F_2, F_3, soumis à une série de fractionnements méthodiques dans un ballon muni d'un long tube Vigreux, ont donné les résultats suivants :

Températures d'ébullition.	Liquide F_1.	Liquide F_2.	Liquide F_3.	Carbures correspondants.	Ébullition.
° °	cm³	cm³	cm³		
21-24....	25	65	182	Isopropyléthylène	21°-22°
24-31....	10	14	28	»	»
31-33....	180	238	392	Méthyléthyléthylène	31°-32°
33-36....	43	48	52	»	»
36-38....	704	595	302	Triméthyléthylène	36°,5-37°,5
> 38...	15	18	16	»	»
Pertes....	23	22	28	»	»
	1000	1000	1000	»	»

([1]) Ipatiew, *Journ. Soc. phys. ch. r.*, t. 35, p. 577. — Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 25, p. 498.

Ce Tableau montre qu'à l'*usure du catalyseur correspond un changement dans les proportions relatives des isomères*. Si, conformément à une observation d'Ipatiew ([1]), le triméthyléthylène provient d'une transformation isomérique de l'isopropyléthylène sous l'influence du catalyseur, on s'explique qu'avec un catalyseur usé une plus grande quantité de ce dernier carbure échappe à la transformation. Par ailleurs, la prédominance du méthyléthyléthylène semble indiquer qu'avec ce catalyseur affaibli, la déshydratation de l'alcool correspondant est moins difficile que celle de l'alcool isopropyléthylique.

IV. Les distillations fractionnées conduiraient donc à admettre, dans l'amylène brut obtenu par catalyse, la présence, en quantités variables, des trois isomères inscrits dans le Tableau, ce qui s'est trouvé confirmé par l'action de l'acide sulfurique. On sait que cet acide étendu d'un demi-volume d'eau dissout, au voisinage de 0°, les carbures tertiaires méthyléthyléthylène et triméthyléthylène, tandis que l'isopropyléthylène est insoluble. Or, l'acide ainsi dilué a dissous vers 0°, avec une égale facilité, la fraction 36°-38° et la fraction 31°-33°, ainsi que la partie intermédiaire 33°-36°, tandis que la fraction 21°-24° et la majeure partie intermédiaire 24°-31° sont restées insolubles.

Dans cette dissolution des carbures tertiaires dans l'acide sulfurique il se forme un acide sulfamylique tertiaire. Par exemple, avec le triméthyléthylène, on a

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!C=CH-CH^3+SO^4H^2 \;=\; \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle SO^4H}{\underset{|}{C}}-CH^2-CH^3.$$

Cet acide amylsulfurique traité, après dilution, par un alcali ou un carbonate alcalin donnera l'alcool amylique tertiaire (hydrate d'amylène).

Il est facile de voir qu'avec le méthyléthyléthylène on obtient le même acide sulfamylique et par suite l'hydrate d'amylène.

V. Si l'on se reporte au Tableau ci-dessus, on constatera que dans la déshydratation catalytique de l'alcool amylique de fermentation, l'ensemble du triméthyléthylène et du méthyléthyléthylène, c'est-à-dire des carbures solubles dans SO^4H^2 dilué et transformables en hydrate d'amylène, constitue les 93 pour 100 de l'amylène brut pour le premier litre (F_1) et reste encore de 75 pour 100 pour le troisième litre (F_3), alors que Wichnegradsky avait trouvé que la proportion de ces carbures solubles ne dépassait

([1]) Ipatiew, *loc. cit.*

pas 50 pour 100 dans la déshydratation du même alcool par le chlorure de zinc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrochimique des α-allyl- et α-allylméthylcyclohexanones.* Note (¹) de M. R. CORNUBERT, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes antérieures nous avons décrit des α-allylcyclohexanones, des α-propylcyclohexanones et un certain nombre d'alcools en dérivant (²) en indiquant que *les constantes de ces corps présentaient des singularités* et qu'*elles seraient données ultérieurement.* Dans la présente Note nous ne nous occuperons que de l'étude spectrochimique des α-allyl- et allylméthylcyclohexanones. Le Tableau suivant contient les constantes de ces corps ramenées à 24° (les mesures ont été effectuées entre 23° et 25°). Chaque élément de ce Tableau représente :

$$\left(\begin{matrix}\text{Position}\\ \text{des}\\ \text{groupes allyle}\end{matrix}\right)\left(\begin{matrix}\text{importance}\\ \text{en grammes}\\ \text{de l'échantillon}\\ \text{examiné}\end{matrix}\right)\left(\frac{d\frac{24}{4}}{n_D^{24}}\right)\left(\frac{\text{var. de } d\frac{24}{4}\times 10^4\ (^3)}{\text{var. de } n_D^{24}\times 10^5\ (^3)}\right)\left(\frac{\text{Réfr. mol. trouvée}}{\text{Réfr. mol. calculée}}\right)\left(\begin{matrix}\text{écart de}\\ \text{la R. M.}\end{matrix}\right).$$

Deux faits attirent l'attention, ce sont : 1° l'alternance presque générale des variétés des densités lorsqu'on classe les cétones par rapport au nombre des groupes *alcoyle* présents en α et 2° le plus faible accroissement des indices de réfraction pour les troisièmes termes de chaque série. Ce sont là les singularités auxquelles nous faisions allusion.

Un semblable classement de ces allyl- et allylméthylcyclohexanones, non pas par rapport au nombre des groupes allyle présents en α, mais par rapport au nombre des groupes alcoyle existant en α, nous a mis sur la voie d'une relation possible entre la valeur de la réfraction moléculaire et la constitution des corps de ces séries. De ce tableau, il ressort en effet que, dans le cas de la cyclohexanone et de ses homologues monométhylés α et γ, l'introduction d'un deuxième groupe alcoyle en α provoque une certaine dépression de la réfraction moléculaire par rapport au terme précédent, cet abaissement s'accentuant plus ou moins fortement à la quatrième alcoylation, la troisième étant sans influence appréciable.

(¹) Séance du 2 novembre 1920.

(²) R. CORNUBERT, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900; t. 159, 1914, p. 75.

(³) Par rapport au terme précédent.

	Cétones dérivant de la cyclohexanone.						Cétones dérivant de l'α-méthylcyclohexanone.					
$d\frac{24}{4}$, n_D^{24} et écart de la R. M. de la cétone fondamentale ([1]).			0,9423 / 1,44878			(+0,18)			0,9213 / 1,44635			(+0,08)
Nombre des groupes alcoyle en α. 1	(α / 1S)	20	0,9305 / 1,46730	−118 / +1852	41,22 / 41,11	(+0,11)			"			
2	(αα / 1D)	75	0,9405 / 1,48473	+100 / +1743	54,27 / 54,49	(−0,22)	(αα / 1D)	250	0,9268 / 1,46866	+55 / +2231	45,69 / 45,72	(−0,03)
3	(ααα' / 1S 1D)	25	0,9330 / 1,49128	−75 / +655	67,76 / 67,88	(−0,12)	(ααα' / 1S 1D)	38	0,9230 / 1,47902	−38 / +1036	59,07 / 59,11	(−0,04)
4	(ααα'α' / 2D)	40	0,9452 / 1,50180	+122 / +1052	80,62 / 81,27	(−0,65)	(ααα'α' / 2D)	255	0,9311 / 1,49128	+81 / +1226	72,26 / 72,50	(−0,24)

	Cétones dérivant de la β-méthylcyclohexanone.						Cétones dérivant de la γ-méthylcyclohexanone.					
$d\frac{24}{4}$, n_D^{24} et écart de la R. M. de la cétone fondamentale ([1]).			0,9150 / 1,44364			(+0,19)			0,9123 / 1,44350			(+0,26)
Nombre des groupes alcoyle en α. 1	(α ou α' / 1S)	87	0,9126 / 1,46177	−24 / +1813	45,83 / 45,72	(+0,11)	(α / 1S)	114	0,9155 / 1,46376	+32 / +2026	45,85 / 45,72	(+0,13)
2	(αα ou α'α' ou αα'?)	63	0,9235 / 1,47969	+109 / +1792	59,11 / 59,11	(±0,00)	(αα / 1D)	50	0,9255 / 1,47995	+100 / +1619	59,02 / 59,11	(−0,09)
3	(ααα' ou αα'α' / 1S 1D)	35	0,9289 / 1,48902	+54 / +933	72,19 / 72,50	(−0,31)	(ααα' / 1S 1D)	20	0,9230 / 1,48745	−75 / +750	72,44 / 72,50	(−0,06)
4	(ααα'α' / 2D)	135	0,9470 / 1,50337	+167 / +1435	85,06 / 85,88	(−0,82)	(ααα'α' / 2D)	90	0,9327 / 1,49776	+97 / +1031	85,53 / 85,88	(−0,35)

([1]) Ces nombres sont calculés d'après les constantes fournies par M. v. Auwers pour ces cétones (*Lieb. Ann.*, t. 410, 1915, p. 282 et suiv.).

La détermination de la constitution des αα-diallyl- et méthylallylcyclohexanones, qui a fait l'objet d'une Note récente [1], permet d'établir un parallèle entre la constitution de ces cétones et la valeur de l'écart de la réfraction moléculaire. Si nous nous rappelons en effet que les dérivés dialcoylés des trois séries que nous venons d'indiquer sont des corps dissymétriques, nous arrivons à ce résultat que la production de ce que nous appellerons un *groupe double* (désigné par D dans le Tableau précédent), c'est-à-dire d'un groupe $>C<^{R}_{R}$, provoque une dépression de la réfraction moléculaire, tandis que la formation d'un groupe simple $>C<^{H}_{R}$ (représenté par S) est sans influence appréciable sur la valeur de cette dernière. Cette conclusion est conforme à la théorie de M. v. Auwers sur les « groupes doubles » (gem. Dialkylgruppen) [2] d'après laquelle les dépressions moléculaires observées par cet auteur dans presque tous les cas où les molécules examinées contenaient deux groupes alcoyle fixés au même atome de carbone, sont liées à l'existence d'un semblable groupement $>CR^2$ dans ces combinaisons, les groupes $>C(CH^3)^2$ n'ayant cependant aucune influence.

GÉOLOGIE. — *Le gisement de fer oolithique d'Aïn-Babouche (Algérie).* Note de MM. **Louis Duparc** et **Georges Favre**.

Le gisement de Babouche est situé à 75^{km} de Tébessa, et à 18^{km} au sud de Chéréa. Il occupe une grande région synclinale qui, topographiquement, est divisée du Sud au Nord en trois tronçons, à savoir : la vallée supérieure de Babouche, la plaine de Babouche et la plaine de Mézera. Ce synclinal est compris entre les flancs est et ouest des anticlinaux curieux qui enserrent les vallées de Telidjen et de Guibeur, au milieu desquelles le Trias perce en diapyre. Le soubassement de ce synclinal est formé par les calcaires de l'Éocène inférieur; l'allure des couches montre qu'à Babouche comme à Mézera, le synclinal affecte la disposition en cuvette dont les bords sont

---

(1) R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1259.

(2) v. Auwers et Eisenlohr, *J. f. prakt. Ch.*, t. 84, 1911, p. 1-121. — v. Auwers et Schmidt, *Ber.*, t. 46, 1913, p. 457. — v. Auwers, *Ber.*, t. 46, 1913, p. 498. — v. Auwers et Lange, *Lieb. Ann.*, t. 409, 1915, p. 161-162.

relevés de toutes parts, de sorte que le petit oued Babouche, pour entrer et sortir de ces cuvettes, a dû scier son lit dans les calcaires en créant ainsi de véritables cañons (défilé de Mézera, sortie de Mezou, etc). Le sol qui constitue les plaines est couvert d'un limon homogène, qui suggère l'idée que le synclinal fut jadis occupé par un lac étendu.

A 2^{km} environ à l'aval de l'entrée de la vallée de Babouche, et sur la rive droite de celle-ci, on voit affleurer dans les éboulis des bancs épais d'un minerai noirâtre et oolithique, qui plongent de 30° environ contre la vallée, et apparaissent à 30^m en moyenne au-dessus de celle-ci, et tout près de sa bordure. Cet affleurement se poursuit sur 60^m, puis il disparaît sur 800^m sous les éboulis, mais le minerai réapparaît au delà sur une série d'affleurements très rapprochés, échelonnés sur plus de 1500^m. Partout les couches plongent de 30° à 35° contre la vallée, et le minerai oolithique présente une grande régularité. Son épaisseur totale oscille entre 8^m et 20^m, le complexe est ordinairement divisé en deux bancs inégaux, séparés par une intercalation de limonite plus ou moins argileuse, qui mesure de 2^m à $3^m,5$ d'épaisseur.

L'aspect du minerai est invariable, les oolithes sont de petite dimension, le ciment ferrugineux ou argileux qui les réunit, nul ou très réduit. Par endroits, on trouve dans les bancs du minerai oolithique des rares et petits galets de silex. La composition moyenne (pour 100) très constante de ce minerai est la suivante :

$$SiO^2 = 4, \quad CaO = 2, \quad Fe = 54, \quad Mn = 1,14, \quad Ph = 0,71, \quad S = 0,$$
$$\text{Perte au feu} = 13,5.$$

Ordinairement on voit très mal le toit et le mur du minerai; cependant, au point culminant des affleurements, on relève le profil suivant (à 50^m au-dessus de la vallée) :

a. Au mur. Calcaire éocène inférieur.		
b. Argiles verdâtres plus ou moins gréseuses	60 m.	(env.)
c. Zone argileuse, avec bancs limonitiques ocreux	15-20	»
d. Minerai oolithique compact en deux bancs séparés par 2^m de limonite	15	»
e. Banc de limonite	1,2	»
f. Lumachelle à *Ostrea Bogharensis*	0,30	»
g. Limonites argileuses	1,5-2	»
h. Banc de conglomérat à galets de calcaires et de silex	1	»
i. Série argilo-gréseuse, limonitique à la base, formant le toit d'épaisseur inconnue, visible sur	60	»

Les affleurements de minerai oolithique cessent brusquement sur le flanc occidental du synclinal, dans la plaine de Babouche; ils ne se retrouvent pas également dans la vallée, au flanc oriental du synclinal. Cette disposition est imputable soit à un étirement qui s'est effectué alternativement sur les deux flancs du synclinal, soit à l'érosion qui a fait totalement disparaître l'un de ces deux flancs, et ceci en sens inverse, dans la vallée et dans la plaine de Babouche.

A l'entrée de la plaine de Babouche, sur la rive gauche de l'oued, et donc au flanc oriental du synclinal, on observe un nouvel affleurement de minerai sur 60^{m}, mais l'oolithique est réduit, accompagné d'argiles, et recouvert par des bancs de conglomérat. De là, sur 2^{km} environ, on perd de nouveau toute trace de ce minerai au flanc oriental du synclinal, dans la région où les calcaires qui forment ce flanc s'abaissent jusqu'au niveau de la plaine; mais bientôt les affleurements réapparaissent, et se poursuivent sans interruption, sur plus de 2^{km}. Le profil de la zone à minerai au flanc oriental du synclinal, dans la plaine de Babouche, est alors la suivante :

a.	Au mur, calcaires de l'Éocène inférieur.		
b.	Zone d'argiles verdâtres..................	30-40^{m}	(env.)
c.	Argiles plus ou moins limonitiques	12	»
d.	Banc de minerai oolithique compacte......	1,5-2,5	»
e.	Calcaire gris clair......................	0,15-0,20	»
f.	Limonites ocreuses ou argileuses.........	2-5	»
g.	Banc de minerai oolithique	3,5	»
h.	Limonite.............................	1	»
i.	Mince banc de calcaire..................	0,15	»
k.	Argiles limonitiques et argiles verdâtres....	10	»
l.	Argiles bariolées, rosées, gypseuses	150-160	»
m.	Conglomérat miopliocène, en petits bancs de 0^{m},7 séparés par des formations gréseuses rougeâtres, formant le toit......	50-80	»

Ce profil se retrouve partout dans ses grandes lignes, toutefois d'épaisses formations argileuses et limonitiques peuvent s'intercaler dans l'horizon à minerai, de sorte que la succession des bancs du minerai oolithique est différente.

Dans la vallée de Mézera, le minerai se retrouve au flanc oriental du synclinal dès la sortie du défilé; l'affleurement se poursuit sur 200^{m}; mais au début, ce minerai bute par une faille contre les calcaires, puis prend ensuite son allure ordinaire. La succession observée est la même qu'à la plaine de Babouche.

Résumant maintenant ce qui précède, nous avons établi les points principaux suivants :

1. Le minerai oolithique sédimentaire existe en Algérie et occupe la région synclinale de Babouche. Il est intercalé dans des formations argileuses et limonitiques épaisses, développées au mur et surtout au toit, qui sont recouvertes par des poudingues miopliocènes. L'âge du minerai est vraisemblablement la base de l'Éocène moyen.

2. Le synclinal n'est jamais complet, l'un des deux flancs est supprimé, et ceci alternativement sur les jambages est et ouest. Cette disposition est le fait d'un étirement possible et même probable, combiné avec une torsion, ou simplement résulte de l'érosion.

3. Le minerai oolithique a des caractères constants sur toute l'étendue du synclinal.

4. Il existe une différence appréciable de faciès sur les deux flancs du synclinal, non pas dans le minerai oolithique lui-même, mais dans les formations qui l'accompagnent, et dans la disposition de ses bancs dans celles-ci.

5. Le synclinal a été disloqué en deux endroits, le premier à la sortie de la vallée de Babouche, le second à l'entrée de celle de Mézera.

BOTANIQUE. — *Le Katoka, arbre à graines comestibles de Madagascar.* Note de M. **Henri Jumelle**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'intérêt commercial qui s'est attaché, cette année, à des graines dites « de katoka », importées de l'ouest de Madagascar, nous a amené à rechercher l'origine botanique de ces graines qui restait ignorée. Nous savons aujourd'hui que l'espèce productrice est une Artocarpée que nous considérons comme nouvelle et qui appartient au genre *Treculia*. Elle est voisine, par conséquent, du Jaquier et de l'arbre à pain.

Le *katoka*, encore appelé par les Sakalaves *tobory* et *stipa* dans l'ouest de Madagascar, est un arbre qui peut atteindre 30^m de hauteur. Son tronc, toujours profondément sillonné, avec des contreforts saillants et comme ailés, est à écorce lisse et grisâtre. Les jeunes rameaux sont pubescents.

Les feuilles sont persistantes. Leur pétiole, qui présente, lorsqu'elles sont jeunes, la même légère pubérulence que les rameaux, a de 8^{mm} à 12^{mm} et est, en général, un peu plus long et moins épaissi que chez le *Treculia madagascarica* du centre de Madagascar. Le limbe du *katoka*

est coriace, anguleux ou obtus et inéquilatéral à la base, arrondi ou aigu au sommet, plus large dans la moitié inférieure que dans la moitié supérieure. Il a, par exemple, 16^{cm} sur 5^{cm}, ou 18^{cm} sur 7^{cm}, plus rarement 11^{cm} sur 4^{cm}, et est plus oblong que celui du *Treculia madagascarica*, dont il se distingue encore par la nervation plus fine et plus régulièrement réticulée qui occupe les intervalles des nervures secondaires. Ce dernier caractère est aussi un de ceux qui séparent le *katoka* du *Treculia africana* du continent africain, dont les feuilles, d'autre part, sont plus grandes et plus ovales.

La floraison a lieu en octobre, et les fruits mûrissent en janvier et février.

Les *Treculia* sont ordinairement considérés comme dioïques, M. Perrier de la Bâthie admet cependant que le *katoka* peut être aussi monoïque. En général, les réceptacles mâles sont sur les branches jeunes, et les réceptacles femelles sur les rameaux plus âgés. Les réceptacles mâles et desséchés que nous avons vus avaient de $2^{cm},5$ à 4^{cm} de longueur sur 2^{cm} à 3^{cm} d'épaisseur; ils sont obovales, retrécis vers la base. Aux fleurs sont intercalées des bractées peltées, en écusson, qui sont soudées basilairement sur les deux tiers environ de leur longueur (alors que la soudure remonte jusqu'au-dessous immédiatement de l'écusson dans le *Treculia madagascarica*). Au moment de l'épanouissement floral, ces bractées sont, pour la plupart, largement dépassées par les fleurs, qui ont un périanthe hyalin, courtement campanulé, à trois ou quatre petites dents ciliées et sont à quatre étamines saillantes. Les réceptacles femelles ont sensiblement la même forme et portent les mêmes écailles peltées que les réceptacles mâles, mais sont plus gros (5^{cm} à 6^{cm} sur 3^{cm} à 5^{cm}, et plus), et les fleurs femelles, disposées sur plusieurs rangs, sont enfouies entre les bractées, que les stigmates seuls dépassent. Ces étroites lanières stigmatiques, de 5^{mm} à 7^{mm}, légèrement papilleuses et obtuses, surmontent, au nombre de deux pour chaque ovaire, un court style velu, de 3^{mm}.

A la maturité, le réceptacle femelle devient un syncarpe (ou faux fruit) sessible, assez irrégulier de forme, rappelant celui du Jaquier; il atteint 30^{cm}, et plus, de diamètre, et peut peser 5^{kg} et davantage. Il est charnu et présente vers la surface six ou sept rangées d'akènes.

Ceux-ci sont ovoïdes, de la grosseur d'une petite noisette. Chacun contient, sous un mince péricarpe ligneux, brun à sec, une graine sans albumen et pendante, qui provient d'un ovule courbe, et qui a pour tégument une mince pellicule semblable au tégument de l'arachide. L'embryon

est à deux cotylédons de largeur inégale, complètement repliés, leurs sommets, qui sont légèrement échancrés ou bilobés, se rabattant jusqu'au niveau de la radicule; le cotylédon le plus large enveloppe le plus étroit, qui est en forme d'épaisse languette.

Ce *Treculia*, que nous nommons *Treculia Perrieri*, est commun dans l'ouest de Madagascar, dans les bois humides, au-dessous de 300^{m}, sur les alluvions de toutes les rivières, depuis l'Extrême-Sud jusqu'à l'Extrême-Nord. Il paraît seulement manquer dans le Sambirano.

Son bois, blanc, est très bon; on en fait, sur place, des cuillers et d'autres petits objets de ménage, tels que plats, assiettes, etc.

Les graines sont ordinairement signalées comme graines grasses et ont été vendues comme telles à Marseille, mais il y a eu, paraît-il, quelques déceptions. Nous n'en sommes pas surpris, car l'examen microscopique décèle bien la présence de gouttelettes d'huile dans les cellules des cotylédons, mais ces cellules sont surtout remplies de grains d'amidon. Ces graines de *Treculia Perrieri* sont vraisemblablement plus amylacées qu'oléagineuses. Elles sont, au reste, comestibles, de bon goût, et, à Madagascar, sont mangées par les indigènes. La production de l'arbre équivaudrait à peu près à celle du Jaquier, dont les graines, on le sait, sont également alimentaires.

BOTANIQUE. — *Le méristème terminal de la tige et sa division en régions.* Note de M. H. **Bouygues**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que la seule distinction qu'on puisse établir dans le sommet de la tige des plantes phanérogames est celle d'un épiderme recouvrant un méristème général homogène et primitif [1].

Mais au fur et à mesure qu'on s'éloigne du sommet, cette homogénéité disparaît de plus en plus. De sorte que, à une certaine distance du point végétatif, le méristème général se trouve divisé en deux régions : l'une, interne, ou méristème prévasculaire ; l'autre, externe, ou méristème cortical, qui entoure complètement la première.

Or ces mêmes faits se retrouvent encore dans la tige des Cryptogames vasculaires, que celle-ci soit souterraine ou aérienne.

Aussi peut-on dire que les plantes vasculaires, en général, ne possèdent d'écorce différenciée qu'à partir du moment où le méristème prévasculaire

---

(1) H. Bouygues, *Apparition des tissus et des régions dans le sommet de la tige de Phanérogames* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 395).

l'est lui-même au sein du méristème général. L'existence et l'étendue du méristème cortical sont étroitement liées à celles du méristème prévasculaire. En outre, ces deux régions se séparent nettement l'une de l'autre d'une manière fort simple. En effet, l'activité de cloisonnement se ralentit dans les éléments du méristème cortical, tandis qu'elle se maintient plus rapide dans les éléments du méristème prévasculaire. Il s'ensuit que les éléments de la première région sont plus grands que ceux de la deuxième. Et comme cette différence de calibre se fait sans transition aucune, il en résulte une séparation naturelle entre les deux régions. C'est la seule qui existe vraiment, à l'origine même, et de laquelle on ne peut douter puisqu'elle est nettement visible.

Toutefois, au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point végétatif, il apparaît, surtout dans le méristème prévasculaire, des modifications importantes dont l'ensemble modifie plus ou moins la netteté primitive de cette limite naturelle.

Dans toutes les tiges, en effet, dont le système libéro-ligneux est continu, cette netteté se maintient bien; mais, par contre, dans celles où le système est discontinu, cette limite est parfois difficile, sinon impossible à retrouver : les éléments de l'écorce étant le plus souvent, dans ce cas, identique à ceux des rayons médullaires.

Toutefois, malgré cette incertitude, il nous paraît normal, à la suite de nos recherches, de considérer comme formant l'écorce, dans une tige à l'état dit *primaire*, l'ensemble des tissus immédiatement situés à l'extérieur du système libéro-ligneux.

Ainsi conçue, l'écorce adulte reste ce qu'elle est dans son très jeune âge, c'est-à-dire un reliquat du méristème général non différencié en méristème prévasculaire, entourant complètement et toujours celui-ci, quelles que soient les modifications qui s'y produisent dans la suite et restant en connexion étroite avec lui.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évaporomètres et mouvement des fluides au travers des membranes.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Comme suite aux expériences dont j'ai parlé antérieurement [1] je me propose d'en signaler de nouvelles dans lesquelles j'ai employé des évaporo-

[1] Pierre Lesage, *Expériences utilisables en physiologie végétale sur l'osmose et sur l'aspiration due à l'évaporation* (*Comptes rendus,* t. 171, 1920, p. 358).

mètres d'une forme particulière. Chaque évaporomètre est un appareil Askenasy où le gâteau de plâtre est remplacé par une membrane ou bien encore c'est un osmomètre de Dutrochet retourné. Il comprend deux parties : A, une petite cloche avec douille et à bords rabattus à angle droit, sa partie large est fermée par une membrane d'acétocellulose imprégnant une toile servant de support, sa douille reçoit un bouchon avec tube étroit, long ou court suivant les besoins de l'expérience, droit ou courbe suivant qu'on veut avoir une dépression ou une pression sur la membrane; B, un récipient contenant de l'eau, une solution ou du mercure et de l'eau, le tout recouvert d'une légère couche d'huile au moment voulu.

Avec de l'eau pure ou une solution, on remplit A qu'on renverse sur B et l'on assujettit le tout pour en faire un ensemble portatif afin de pouvoir le peser de temps en temps. L'évaporation se fait uniquement par la membrane, on peut la suivre par des pesées P_1, P_2, ..., P_m, ..., P_n faites à des temps t_1, t_2, ..., t_m, ..., t_n et acquérir des notions de vitesse par $\frac{P_m - P_n}{t_n - t_m}$.

Les évaporomètres ainsi construits peuvent se prêter à des essais successifs avec un seul appareil ou à des essais simultanés avec plusieurs. Ces méthodes présentent des inconvénients toutes les deux. Avec le mode successif il faut tenir compte de la température qui varie, de l'état hygrométrique de l'atmosphère et de tout ce qui peut le modifier; il y a lieu, aussi, de dire que la membrane elle-même se modifie à la longue et, par là, introduit des perturbations dont je me suis rendu compte. Avec le mode simultaire, la comparaison de plusieurs évaporomètres est plus avantageuse, mais elle n'est pas exempte de causes d'erreur; d'abord, il y a les différences individuelles entre les diverses membranes employées, différences dans la structure, il y a aussi différences dans la région d'évaporation, région qui n'est pas rigoureusement localisée à la section de la cloche, comme j'ai pu le vérifier en vaselinant les côtés de l'ajustage de la membrane et constatant que, dans ce cas, l'évaporation était plus faible que lorsqu'on ne les avait pas vaselinés.

En somme, ces appareils sont loin d'être parfaits; malgré cela, ils m'ont permis de faire des comparaisons utiles, d'observer des faits qui pourront servir tels quels ou repris avec plus de soin, avec plus de détails. Voici quelques-uns de ces faits.

En employant les filtrats des macérations de trois plantes (10^g de feuilles dans 500^g d'eau) et de l'eau de source comme témoin, j'ai suivi l'évaporation pendant 27 jours par des pesées journalières et j'ai construit plusieurs

groupes de courbes des vitesses d'évaporation $\left(\frac{P_m - P_n}{t_n - t_m}\right)$ en prenant les temps pour abscisses et les pertes de poids pour ordonnées et variant $t_n - t_m$. Pour $t_n - t_m$ égal à 48 heures ou 72 heures, les courbes forment un ensemble très facile à lire. La vitesse d'évaporation est, comme il fallait s'y attendre, plus grande avec l'eau qu'avec les filtrats; mais toutes les courbes sont assez sensiblement parallèles entre elles et parallèles à celle de l'eau, moins une qui s'incline un peu plus fortement. Cette vitesse diminue assez rapidement pendant les cinq premiers jours sans qu'on puisse l'attribuer à la température qui se maintient sensiblement égale; puis la diminution se fait plus lentement jusque vers le quinzième jour, après quoi la vitesse paraît se stabiliser, suivant seulement les légères variations de la température.

Pour expliquer la diminution du début on ne peut invoquer la concentration croissante des liqueurs, car la variation du volume total du liquide est trop faible, cette diminution se fait même pour l'eau et, d'autre part, elle aurait dû se continuer et s'exagérer dans la seconde moitié de l'expérience, ce qui ne s'est pas produit. Cette explication doit se trouver dans la membrane qui se modifie et présente, comme je l'ai observé au microscope, des coupes transversales qui sont bien intéressantes à étudier et sur lesquelles je reviendrai plus tard.

En ce qui concerne la concentration, j'avais fait, au début, trois liqueurs diluées dans les rapports de 1 à 2 et à 4; les courbes indiquent bien que l'évaporation est plus faible pour les plus fortes concentrations; mais la vitesse ne paraît pas croître proportionnellement avec la dilution.

Les mêmes observations ont été faites avec le saccharose et le glucose pour des solutions à 1 molécule-gramme au litre, à $\frac{1}{3}$, à $\frac{1}{9}$ de molécule-gramme.

Un autre ordre de faits aussi curieux s'est présenté avec une atmosphère limitée dans A et séparant l'eau de la membrane évaporante. Si l'air est introduit dès le début de l'expérience, même sur une longueur de 20^{mm}, l'évaporation se continue avec une vitesse comparable à celle qu'elle avait quand l'eau touchait la membrane; mais si l'air est introduit au travers de la membrane par aspiration due à une assez forte dépression dans A, il y a bien encore évaporation, mais la vitesse est rapidement diminuée. Dans le deuxième cas, la structure de la membrane a subi des modifications qui ne se produisent pas ou ne se produisent que lentement et tardivement dans le premier cas.

Au sujet de cette aspiration, j'ai déjà indiqué [1] que A étant renversé sur B contenant du mercure, il y avait eu aspiration du mercure sur une longueur de 220^{mm} quand j'ai arrêté une expérience dans laquelle le mercure aurait peut-être pu être soulevé à une plus grande hauteur. Nous concevons par ce qui vient d'être dit, qu'il y a une limite à laquelle de l'air entre dans A. D'ailleurs, dans le même appareil, on peut voir le mercure aspiré, puis la colonne s'affaisser en même temps que de l'air a pénétré par la membrane, puis le mercure remonter et s'affaisser à nouveau, un certain nombre de fois. Il y aura lieu, plus tard, de rappeler ces oscillations plus ou moins brusques dans la période d'affaissement. Retenons que sous l'influence d'une dépression suffisante, l'évaporation diminue.

J'ai vérifié l'inverse en disposant l'évaporomètre de manière à provoquer une pression sur la membrane; dans ces conditions la vitesse d'évaporation est accélérée.

Ces rapports entre l'évaporation, la pression, la dépression peuvent trouver leur utilisation dans l'étude de la transpiration et du mouvement des fluides dans les plantes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le brome et le chlore existant normalement dans les tissus animaux*. Note de M. **A. Damiens**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente [2], nous avons indiqué une méthode de dosage du brome, à l'état de traces, dans les matières organiques. Cette méthode, très sensible et très sûre, appliquée à différentes substances, a permis d'y déceler le brome dans les proportions suivantes :

Coton hydrophile	0,40^{mg}	pour 100^{g}
Sucre de lait	0,30	»
Charbon de bois	1,00	»
Urée de commerce dite *pure*	0,60	»

Étant donnée la certitude que nous avions de l'absence de brome dans nos réactifs, nous avons dû ne considérer comme possible l'application de notre méthode qu'après l'avoir appliquée à des substances donnant des résultats rigoureusement négatifs. En faisant des cristallisations répétées d'urée dans l'alcool, nous avons obtenu ce produit dans un état de pureté

(1) *Loc. cit.*

(2) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 799.

répondant à nos besoins. Nous avons alors examiné les organes de différents animaux. Voici quelques-uns des chiffres obtenus :

	Organe.	Iode ([1]).	Milligrammes pour 100^{g} d'organes frais. Brome.	Chlore.	Rapport : $\frac{Br}{Cl}$.
Bœuf	Sang défibriné	0	0,52	396	0,00132
	Poumons	0	0,42	348	0,00120
	Glandes surrénales	0	0,13	106	0,00122
Chien ([2]) nº 1 (de 28^{kg}) tué par saignée à la carotide.	Poumons	0	0,40	210	0,00190
	Trachée	0	0,20	80	0,00250
	Foie	0	0,25	110	0,00227
	Reins	0	0,40	210	0,00190
	Rate	0	0,41	200	0,00205
	Cœur	0	0,16	160	0,001
	Muscle	0	0,10	55	0,00181
	Cerveau	0	expérience perdue		
	Cervelet	0	0,20	130	0,00154
	Bulbe	»	insensible ([3])	100	»
	Glande thyroïde	32,2	insensible ([3])	non dosé	»
	Glandes surrénales	0	insensible ([3])	220	»
	Testicules	»	0,53	220	0,00241
	Sang total	0	0,42	270	0,00155
	Sérum	0	0,60	390	0,00153
	Globules sanguins	0	0,50	250	0,00200
	Urine	0	0,05	36	0,00140
	Bile	0	0,08	40	0,00200

	Organe.	Poids des organes.	Milligrammes pour 100^{g} d'organes frais. Iode.	Brome.	Chlore.
Chien de 10^{kg} (piqûre du bulbe).	Glande thyroïde...	$1^{g},22$	8,2	Insensible	200
» de 9^{kg} »	» ...	0,81	17,2	»	220
» de $8^{kg},100$ »	» ...	1,025	37	«	180
» de $9^{kg},300$ »	» ...	1,152	21,7	»	200

([1]) La recherche de l'iode n'est faite que pour confirmer celle du brome. Les résultats ne doivent pas être rapportés à la matière organique primitive.

([2]) Ce chien a été sacrifié par les soins de M. le Professeur Mayer, qui a bien voulu en prélever les organes. Nous le prions de recevoir nos vifs remerciements.

([3]) Le faible poids de matière traitée permet de croire que la recherche dépasse la limite de sensibilité de la méthode.

	Organe.	Milligrammes pour 100g d'organes frais. Iode.	Brome.	Chlore.	Rapport $\frac{Br}{Cl}$
Pigeon	Poumons	0	0,84	185	0,00453
Perdreaux nos 1 et 2	Poumons	»	0,50	»	»
	Gésier n° 1	»	0,20	»	»
	Gésier n° 2	»	0,30	»	»
	Contenu gésier n° 1	»	0,40	»	»
	» » n° 2	»	0,30	»	»
	Contenu intestin n° 1	»	0,40	»	»
	» » n° 2	»	0,35	»	»
Poule	Poumons	»	0,10	»	»
	Cœur	»	0,10	»	»
	Foie et reins	»	0,05	»	»
Hommes nos 1 à 5	Urine	0	0,75	908	0,00082
	»	0	0,30	756	0,00039
	»	0	0,45	671	0,00067
	»	0	0,59	823	0,00072
	»	0	0,59	875	0,00068
Homme n° 6, mort par suicide	Poumons	0	0,20	240	0,00083
	Foie	»	0,18	165	0,00109
	Rein	»	0,25	170	0,00147
Homme n° 7, mort intoxiqué par les gaz d'un moteur	Poumons	0	0,28	244	0,00114
	Foie	»	0,37	207	0,00177
Homme n° 8, mort accidentellement	Poumons	0	0,14	230	0,00061

Ces essais faits sur des organes d'hommes et d'animaux normaux démontrent que :

1° La présence du brome est constante dans tous les organes examinés, sauf lorsque les quantités d'organes traités sont assez faibles pour que les proportions de brome attendues dépassent la limite de sensibilité de la méthode ;

2° Le rapport du brome au chlore, dans les organes d'un animal donné, peut être considéré comme sensiblement constant, aux erreurs d'expérience près. Pour le bœuf, dont on a analysé trois organes, la moyenne du rapport est 0,00123. Pour le chien n° 1, 0,00184. Pour un autre chien dont nous avons de même analysé vingt organes, la moyenne est 0,00156. Pour l'homme n° 6, la moyenne est 0,00113; pour le n° 7, 0,00145.

Les chiffres trouvés pour les différents organes ne s'écartent pas en

général de la moyenne, d'une quantité supérieure à l'erreur qui s'attache au dosage colorimétrique. Cette erreur varie de 10 à 50 pour 100 suivant la quantité de brome trouvée.

Plusieurs auteurs ont supposé que la glande thyroïde renfermait beaucoup de brome, à côté de la forte proportion d'iode que l'on sait s'y trouver. Nos essais faits sur les organes de cinq chiens ont montré qu'il ne se produit aucune accumulation de brome parallèle à celle de l'iode.

La présence constante du brome normal dans les organes animaux peut donc être considérée comme rigoureusement démontrée. Nos expériences ne nous ont pas conduit à trouver, dans les tissus examinés, que cet élément ait, pour l'un d'entre eux, une affinité qui ne soit parallèle à celle du chlore.

ENTOMOLOGIE. — *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Chersodromia hirta *Walk. Perte de la faculté du vol.* Note de **M. L. Mercier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chersodromia hirta Walk est un petit Diptère (3mm à 4mm de long) de la famille des *Empidæ* relativement commun en certains points des côtes normande et bretonne; on le trouve à la limite qu'atteint le flot, sous les paquets d'Algues rejetés par la mer. Bien que cet Insecte possède des ailes parfaitement développées et en apparence propres au vol, on ne le voit jamais volant à la surface des Algues en décomposition comme le font, par exemple, *Fucellia maritima* Hall., *Cœlopa frigida* Fall., etc. D'ailleurs, le vol paraît avoir si peu d'importance pour *Chersodromia*, qu'il n'est pas rare de rencontrer des individus ne possédant plus, les uns qu'une seule aile, les autres deux courts moignons alaires, les ailes ayant été rongées par un Acarien. Rien ne distingue, dans la fuite, ces amputés, de la majorité de leurs congénères; ce n'est qu'après capture que l'on se rend compte de leur infirmité.

Cependant, lorsqu'on soulève les paquets d'Algues, on constate que, si beaucoup de *Chersodromia hirta* fuient avec rapidité à l'aide de leurs longues pattes agiles, sans chercher à faire usage des ailes, certains individus s'échappent par un vol très court. Toutes les *Chersodromia* n'ont donc pas perdu la faculté de voler. Or, ainsi que je m'en suis rendu compte, les individus qui ne volent pas ont les ailes aussi développées que ceux qui volent. La perte de la faculté du vol n'est donc pas consécutive à la réduction de la surface alaire. En présence de cette constatation, j'ai entrepris

l'étude des muscles moteurs du vol; et, dans la présente Note, je me propose d'exposer les résultats de mes recherches sur les muscles vibrateurs longitudinaux.

Chez *Chersodromia hirta*, les muscles vibrateurs longitudinaux sont au nombre d'une paire et chaque muscle est composé, ainsi d'ailleurs que chez beaucoup d'autres *Empidœ*, d'un nombre relativement considérable de fibres. Mais, comme le montre le Tableau suivant, le nombre des fibres est susceptible de varier, suivant les individus, du simple au double.

En effet, sur 12 *Chersodromia* examinées, j'en ai compté :

Avec	57	fibres	musculaires au total	1
»	55	»	»	1
»	54	»	»	1
»	53	»	»	1
»	46	»	»	1
»	41	»	»	2
»	40	»	»	1
»	39	»	»	1
»	35	»	»	2
»	29	»	»	1

Je note de suite que cette variation est indépendante du sexe, car j'ai constaté l'existence de femelles à 57 et 35 fibres, aussi bien que celle de mâles à 53 et à 35.

A ma connaissance, jamais pareille variation n'a été signalée dans le nombre des fibres composant les muscles vibrateurs lougitudinaux chez les Insectes appartenant à des espèces qui volent normalement.

Au contraire, il semble bien que, chez ceux-ci, le nombre des fibres musculaires est sensiblement constant pour une même espèce. En effet, et ainsi que Pérez [1] (1910) l'a constaté chez *Calliphora erythrocephala* Mg., le morcellement des masses syncytiales larvaires, à la suite duquel se forment les fibres de l'adulte, n'est pas laissé au hasard; « il se réalise toujours suivant un même plan et aboutit toujours à la constitution du même nombre de massifs semblablement disposés ».

Lorsqu'une variation a été constatée, elle est très faible, ainsi d'ailleurs qu'il ressort des numérations faites par Janet [2] (1907) chez des reines de

---

(1) Ch. Pérez, *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides.* Calliphora erythrocephela *Mg.* (*Arch. Zool. exp.*, 5e série, t. 4, 1910, p. 1).

(2) Ch. Janet, *Anatomie du corselet et histolyse des muscles vibrateurs, après le vol nuptial, chez la reine de la Fourmi* (Lasius niger). Limoges, Ducourtieux et Gout, 1910.

Myrmica rubra et de *Lasius niger;* chez les premières le nombre des fibres est compris entre 32 et 36, chez les secondes entre 56 et 64.

Enfin, quel que soit leur nombre, les fibres des muscles vibrateurs longitudinaux de *C. hirta* sont striées et par suite fonctionnelles. Par conséquent, si des individus ne volent plus, c'est vraisemblablement parce que leurs muscles vibrateurs n'ont plus une puissance suffisante pour permettre le vol.

On peut donc conclure à une relation de cause à effet entre le nombre des fibres musculaires et le degré d'aptitude au vol.

J'ai constaté chez un exemplaire de *C. hirta* une curieuse anomalie qui laisse supposer que la variation présentée par les muscles vibrateurs longitudinaux peut être plus importante encore. Chez cet individu, le muscle gauche était normalement constitué et présentait 21 fibres, alors que le muscle droit était presque totalement disparu. Son emplacement était occupé par une énorme vésicule trachéenne et sept fibres musculaires seulement s'étaient développées.

Que cette disposition qui, jusqu'à présent, nous apparaît comme une anomalie, soit symétrique, et nous trouverons réalisé chez *C. hirta* le dispositif existant chez la *Nèpe* cendrée et étudiée par Ferrière (1913) et Brocher (1916) [1]. On sait, en effet, que cet Hémiptère ne vole pas, bien qu'il ait des ailes, car les muscles du vol sont atrophiés et remplacés par des trachées.

Un dernier point reste à envisager : c'est la recherche du déterminisme de la variation du nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux.

Il est difficile d'admettre (après les arguments apportés par Cuénot dans son Livre sur *La Genèse des Espèces animales*, p. 457) que cette variation, corrélative de la perte de la faculté du vol, est uniquement due, selon l'interprétation darwinienne, à une action de sélection naturelle combinée avec le défaut d'usage.

Par contre, il est incontestable que les quelques chiffres donnés précédemment suggèrent l'idée d'une variation continue. Mais le tableau de ces chiffres peut aussi bien traduire une mutation oscillante, une mutation infixable, une suite de mutations discontinues échelonnées, qu'une fluctuation. Nous savons, en effet, que certains facteurs du milieu extérieur (expériences de Dewitz) sont susceptibles d'entraver le développement

---

[1] F. Brocher, *La Nèpe cendrée* (*Arch. Zool. exp.*, t. 55, 1916, p. 483).

d'ébauches imaginales et de déterminer, par suite, l'atrophie des organes correspondants chez l'adulte.

Il pourrait donc se faire que les *Chersodromia* à nombre de fibres musculaires réduit proviennent, par exemple, de larves mal nourries. Cependant, dans l'absence de données plus complètes et surtout d'expérimentation, il ne faut pas se hâter de conclure et d'admettre l'action d'un facteur du milieu extérieur là où il existe peut-être un phénomène de l'ordre d'une mutation.

Quoi qu'il en soit, et dès à présent, *C. hirta* nous apparaît, en ce qui concerne les muscles vibrateurs longitudinaux, comme une espèce en pleine variation, et il est possible de comprendre pourquoi certains individus volent alors que d'autres ne volent pas bien que, dans les deux cas, les ailes soient également développées.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur l'organogenèse dans les blastozoïtes de* Perophora. Note de MM. **Ch. Julin** et **A. Robert**, présentée par M. Henneguy.

A notre connaissance, les dernières publications importantes qui ont traité de l'organogenèse dans les blastozoïtes de *Perophora* sont celles de Ritter (1896), Hjort (1896) et Lefèvre (1898). Étant donné qu'elles ne sont pas concordantes sur toutes les questions, nous avons estimé qu'il serait utile de nous livrer à de nouvelles observations. Nos matériaux d'étude ont été recueillis à diverses époques au laboratoire de Roscoff et se rapportent à *Perophora Listeri*.

Ritter admet que la vésicule interne ou endoblastique du bourgeon dérive de la cloison stoloniale et qu'à ses dépens se forment le sac branchial et les sacs péribranchiaux, ainsi que le tube digestif, d'une façon essentiellement semblable à celle dont se développent ces organes dans tous les autres bourgeons d'Ascidies. L'ébauche cardio-péricardique procède de la paroi de la vésicule interne, bien que, selon lui, il reste quelque doute sur la question de savoir si elle ne résulte pas d'une agrégation de cellules du mésenchyme, ces dernières provenant probablement, en dernière analyse, de l'endoderme. L'ébauche commune au ganglion nerveux et à la glande neurale ou hypophyse (c'est-à-dire le tube dorsal de Hjort) aurait pour origine primitive, d'après Ritter, une évagination de la paroi de la vésicule interne, mais ce mode d'origine primitif serait, dans la plupart des cas,

remplacé par une migration de cellules, ainsi que cet auteur l'admet pour l'organe cardio-péricardique.

Hjort, en ce qui concerne le développement de la cavité péribranchiale, se rallie à l'opinion plus ancienne de Kowalevsky, d'après laquelle la vésicule interne se diviserait en trois cavités, l'une axiale, donnant naissance au sac branchial et au tube digestif; les deux autres, latérales par rapport à la première, devenant les deux cavités péribranchiales : celles-ci s'unissent secondairement à leur extrémité dorsale pour donner lieu à la formation du cloaque. Au sujet de la formation du tube dorsal, Hjort admet également les observations de Kowalevsky d'après lesquelles cet organe naîtrait comme un épaississement de la paroi dorsale de la vésicule interne. Quant à l'ébauche cardio-péricardique, toujours conformément à l'opinion de Kowalevsky, elle dériverait d'une accumulation de cellules appliquées contre la paroi de la vésicule interne. En raison de cette juxtaposition et de l'aspect de ces éléments cellulaires, très semblable à celui des cellules de la vésicule, il admet par hypothèse que ces éléments proviennent de la vésicule interne.

Enfin Lefèvre, qui a eu le mérite de bien établir la situation du bourgeon par rapport au tube stolonial sur lequel il est placé, admet que la cavité péribranchiale se forme aux dépens de la vésicule interne par deux replis latéraux, s'accroissant d'avant en arrière. Ces replis amènent la subdivision de la vésicule en deux cavités, dont l'une, axiale, devient la cavité branchiale et dont l'autre est dorso-latérale. Les parties latérales de cette dernière deviennent les deux cavités péribranchiales, et la partie dorsale qui les fait communiquer entre elles constitue le cloaque. Celui-ci n'est donc pas, comme le pensaient Kowalevsky et Hjort, une formation secondaire, résultant de la fusion des deux extrémités dorsales des sacs péribranchiaux. Nous pouvons confirmer cette manière de voir de Lefèvre, concernant le mode de formation des cavités péribranchiales et du cloaque.

Quant au tube digestif, tous nos prédécesseurs sont d'accord pour admettre qu'il procède d'une évagination de l'extrémité inférieure de l'ébauche du sac branchial. Cette évagination s'allonge en tube, qui se différencie en œsophage, estomac, pylore et glande pylorique, intestin et décrit dans son ensemble une anse dont l'extrémité terminale vient secondairement s'ouvrir dans le cloaque sur la ligne médiane. Nous ne pouvons que confirmer ce mode de formation du tube digestif.

Pour ce qui regarde l'origine de l'organe cardio-péricardique, nous sommes en désaccord avec Lefèvre. La première ébauche de cet organe ne

procède nullement, comme il le prétend, d'un amas de cellules mésenchymateuses appliquées contre la paroi latérale droite de la vésicule interne; mais, conformément à l'hypothèse de Kowalevsky, nos préparations démontrent à l'évidence que cette ébauche est le produit d'une prolifération cellulaire intense de la partie correspondante de l'épithélium de la vésicule interne. Cet épaississement, de forme ovalaire, est oblique dorso-ventralement et d'avant en arrière. Ses éléments épithéliaux se groupent en deux assises, laissant apparaître entre elles une fine fente, qui est la future cavité péricardique. Plus tard, il apparaît une autre fente entre l'épithélium de la vésicule interne et la paroi adjacente de l'ébauche cardio-péricardique. Cette paroi reste formée par une assise de cellules cubiques qui devient la paroi cardiaque, tandis que l'autre paroi (externe) s'amincit et devient le péricarde.

Reste la formation du tube dorsal. D'après Lefèvre, cette ébauche a la même origine que l'organe cardio-péricardique, en ce sens qu'elle procède également d'une accumulation de cellules sanguines sur la face dorsale de la vésicule interne. D'après nos observations cette ébauche provient nettement d'une prolifération localisée de l'épithélium de la vésicule interne, ainsi que Kowalevsky l'avait soutenu.

Après qu'elle a formé un cordon longitudinal assez épais, il y apparaît une lumière qui lui donne l'aspect d'un tube, effilé et fermé vers son extrémité postérieure ou cloacale. Ce canal s'ouvre par son extrémité orale dans la cavité branchiale. Son plancher, resté à l'état d'épithélium cubique simple, devient la paroi du conduit excréteur de la glande neurale, pendant que sa voûte s'épaissit par multiplication de ses cellules et se transforme en le ganglion nerveux.

Les ébauches génitales se forment selon le procédé décrit par Van Beneden et Julin et qui a, du reste, été confirmé par divers auteurs chez toutes les espèces étudiées d'Ascidies simples, sociales et composées.

Ainsi, tandis que chez l'oozoïte l'épiblaste donne naissance à l'ébauche du système nerveux central ainsi qu'aux cavités péribranchiales et cloacale, le mésoblaste aux organes génitaux et l'hypoblaste enfin, à la paroi épithéliale du sac branchial et du tube digestif, nous voyons que chez le blastozoïte, si l'on fait abstraction des glandes génitales, tous les autres organes : parois des cavités branchiale, péribranchiales et cloacale, tube dorsal (comprenant le système nerveux central et la glande neurale), organe cardio-péricardique et tube digestif proviennent de la paroi de la vésicule interne. De toute façon et quelle que soit l'origine de la cloison

stoloniale et de la vésicule interne qui en dérive, qu'elle soit épiblastique ou endoblastique (cette origine semblant n'être pas la même dans toutes les formes d'Ascidies bourgeonnantes), la théorie des feuillets germinatifs, qui se vérifie d'une manière générale dans l'embryogenèse, ne se confirme pas en ce qui concerne le développement blastogénétique. Cette question a été très bien discutée par Hjort dont nous adoptons les conclusions. Tout s'explique si l'on admet que le développement blastogénétique n'est pas un processus embryogénique, mais bien un processus de régénération. Cette réflexion finale n'est pas faite pour sauver la théorie des feuillets qui, comme toutes les théories scientifiques, n'est qu'approximative.

HYGIÈNE. — *A propos de la Note de M. Louis Besson : « Relation entre les éléments météorologiques et le nombre des décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris »* (1). Note de M. **Th. Tommasina.**

L'examen des résultats obtenus a conduit l'auteur à affirmer que : « En particulier, l'humidité n'a qu'une importance pour ainsi dire de second ordre, car elle est sous la dépendance de la direction du vent. Et comme les vents de NNE à E, les plus défavorables, sont aussi les plus secs, la statistique indique qu'en moyenne une diminution de l'humidité est suivie d'une augmentation du nombre des décès, résultat qui ne justifie pas la bonne réputation du *petit froid sec* ». La gravité de cette conclusion, si nettement contraire à l'opinion généralement admise, a attiré notre attention et nous a amené à rechercher s'il n'y avait pas là une cause d'erreur ayant passé inaperçue.

En relisant la Note nous avons pu l'établir, elle se trouve dans le fait, que la méthode statistique adoptée ne tient pas compte de la durée des maladies, donc de l'époque précise de leur manifestation.

Pour éviter cette cause d'erreur l'auteur devra compléter son travail par une statistique des malades qui entrent *immédiatement* dans les hôpitaux. Les autres, pouvant être traités chez eux et transportés dans la suite à l'hôpital, ne doivent pas entrer dans la statistique. La date de leur décès étant trop éloignée de celle de l'origine de leur maladie, ne peut que fausser le calcul. En effet, les maladies des organes de la respiration donnent lieu très souvent à des convalescences très longues, où les rechutes sont toujours

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 686.

à craindre. En tout cas les conditions météorologiques de la semaine où les décès ont lieu, n'ont rien à voir avec celles qui ont favorisé la manifestation de la maladie. On voit que les résultats, quels qu'ils soient, d'une statistique basée uniquement sur le nombre et sur l'époque des décès, n'autorise pas les conclusions de l'auteur.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures 15.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 12 janvier 1920.)

Note de M. *Léon Pomey,* Sur les nombres de Fermat :

Page 100, théorème V, *au lieu de*

$$M^{\frac{F-1}{2}} + 1 \equiv 0 \pmod{M},$$

lire

$$M^{\frac{F-1}{2}} + 1 \equiv 0 \pmod{F}.$$

(Séance du 4 octobre 1920.)

Note de M. *A. Lacroix,* Sur une série de roches syénitiques alcalines potassiques à minéraux sodiques de Madagascar :

Pages 597 à 599 (*passim*), *au lieu de* torindrikite, *lire* torendrikite.

Page 597, ligne 2 en remontant, *au lieu de* d'Itorendrika, *lire* de Torendrika.

Page 599, ligne 1, *au lieu de* mélonite, *lire* mélanite.

Page 599, Tableau, colonne *e*, *au lieu de* 18,92 et 1,07, *lire* 18,96 et 1,09; colonne *h*, *au lieu de* 56,48, *lire* 56,42.

Page 600, colonnes *j* et *l*, *au lieu de* 7,09 et 0,54, *lire* 7,06 et 0,48; note (5), *au lieu de* MnO 0,20, *lire* MnO 0,21.